

## **Patent Abstract**

**GERMAN 1996-03-28 19531058 Semiconductor acceleration sensor and/or pressure sensor and procedure; for its production**

**INVENTOR(S)**- Shinogi, Masataka Chiba JP  
**INVENTOR(S)**- Saitoh, Yutaka Chiba JP  
**INVENTOR(S)**- Yoshida, Yoshifumi Chiba JP  
**INVENTOR(S)**- Harada, Hirofumi Chiba JP  
**INVENTOR(S)**- Katoh, Kenji Chiba JP

**APPLICANT(S)**- Seiko Instruments Inc. Chiba JP

**PATENT NUMBER**- 19531058/DE-A1

**PATENT APPLICATION NUMBER**- 19531058

**DATE FILED**- 1995-08-23

**DOCUMENT TYPE**- A1, DOCUMENT LAID OPEN (FIRST PUBLICATION)

**PUBLICATION DATE**- 1996-03-28

**INTERNATIONAL PATENT CLASS**- G01P01509; G01L00908; H01L04900;  
G01P01512; G01L00900D1; G01L00900D2B2; G01P01508A

**PATENT APPLICATION PRIORITY**- 18378495, A; 20403294, A; 21020894, A;  
28696094, A; 30662594, A; 32825394, A

**PRIORITY COUNTRY CODE**- JP, Japan; JP, Japan; JP, Japan; JP, Japan; JP, Japan; JP,  
Japan

**PRIORITY DATE**- 1995-07-20; 1994-08-29; 1994-09-02; 1994-11-21; 1994-12-09; 1994-  
12-28

**FILING LANGUAGE**- German

**LANGUAGE**- German NDN- 203-0361-3467-4

A semiconductor arrangement in form of an acceleration sensor and/or a; pressure sensor is provided in the range of the sensor element with; diffused resistances and has the form of an arm and/or a chip. When; using an arm its a side is fastened to a mounting plate, whereby; extending the diffused resistances corresponds to the thickness of the; arm. Furthermore at the arm circuit parts are intended, which serve; the reinforcement and/or the tuning. The sensor elements can be cut; out very simply of a semiconductor substrate and are very cheap; therefore in the production. Since the mounting plate and the basis; body are separately producible by the sensor element, the production; time can be substantially reduced, as the production takes place in; parallel manufacturing steps.

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 195 31 058 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
G 01 P 15/09  
G 01 L 9/08  
H 01 L 49/00

DE 195 31 058 A 1

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 195 31 058.6

⑯ ⑯ Anmeldetag: 23. 8. 95

⑯ ⑯ Offenlegungstag: 28. 3. 96

⑯ ⑯ ⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

29.08.94 JP P 6-204032 02.09.94 JP P 6-210208  
21.11.94 JP P 6-286960 09.12.94 JP P 6-306625  
28.12.94 JP P 6-328253 20.07.95 JP P 7-183784

⑯ ⑯ Erfinder:

Shinogi, Masataka, Chiba, JP; Saitoh, Yutaka,  
Chiba, JP; Yoshida, Yoshifumi, Chiba, JP; Harada,  
Hiroyumi, Chiba, JP; Katoh, Kenji, Chiba, JP

⑯ ⑯ Anmelder:

Seiko Instruments Inc., Chiba, JP

⑯ ⑯ Vertreter:

Schroeter Fleuchaus Lehmann & Gallo, 81479  
München

⑯ ⑯ Halbleiter-Beschleunigungssensor bzw.-Drucksensor und Verfahren zu dessen Herstellung

⑯ ⑯ Eine Halbleiteranordnung in Form eines Beschleunigungssensors bzw. eines Drucksensors ist im Bereich des Sensorelements mit diffundierten Widerständen versehen und hat die Form eines Auslegers bzw. eines Halbleiterplättchens. Bei der Verwendung eines Auslegers ist dessen eine Seite an einer Halterung befestigt, wobei die Erstreckung der diffundierten Widerstände der Dicke des Auslegers entspricht. Am Ausleger sind ferner Schaltungsteile vorgesehen, die der Verstärkung bzw. der Abstimmung dienen. Die Sensorelemente können sehr einfach aus einem Halbleitersubstrat ausgeschnitten werden und sind daher in der Herstellung sehr billig. Da die Halterung und der Basiskörper separat vom Sensorelement herstellbar ist, kann die Fertigungszeit erheblich verringert werden, indem die Herstellung in parallelen Fertigungsschritten erfolgt.

DE 195 31 058 A 1

1  
Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Halbleiter-Beschleunigungssensor bzw. Drucksensor, bei welchem der Piezo-Widerstandseffekt eines Halbleiterkristalls, z. B. Silizium, ausgenutzt wird, um von einer Auslenkung ein elektrisches Signal abzuleiten.

Durch die Entwicklung der Mikrobearbeitungstechnik ist es möglich geworden, Halbleiter-Beschleunigungssensoren bzw. Drucksensoren aus Halbleitersubstraten durch die Herstellung dünner Scheibchen bzw. das Ätzen dünner Schichten zu formen. Ein solcher Beschleunigungssensor ist durch "IEEE Transactions on Electron Devices", Bd. ED-26, No. 12, Dez. 1979 bekannt. Die Mikrobearbeitungstechnik erlaubt es, die Dicke eines diffundierten Widerstandsbereiches so dünn auszuarbeiten, daß eine Auslenkung leicht feststellbar ist. Durch die jap. Offenlegungsschrift No. 1-302167 ist es bekannt, einen diffundierten Widerstandsbereich mit Hilfe einer isotropischen Ätzung dünner zu machen, um die Empfindlichkeit zu erhöhen. In Fig. 6 ist ein derartiger Halbleiter-Beschleunigungssensor schematisch dargestellt. Bei diesem bekannten Sensor ist eine Schutzschicht 21 auf der Oberfläche erforderlich, um die Verdrahtung zu schützen, wenn der diffundierte Widerstandsbereich mit Hilfe einer isotropischen Ätzung dünner gemacht werden soll.

Um ferner eine Beschädigung oder Zerstörung des verdünnten Bereiches zu vermeiden, sind Anschläge vorgesehen, die die Auslenkung des Sensorelementes begrenzen. Derartige Anschläge gehen aus Fig. 70 hervor.

Auch für einen Halbleiter-Drucksensor ist es bekannt, auf einer Glassubstratbasis 705 einen Basiskörper 702 aus Silizium anzubringen und mit einem Anschlußkонтakt über einen Draht 709 zu verbinden. Eine derartige Struktur ist bekannt aus der Zeitschrift "Electronics", Bd. 29, No. 6, 1984, S. 17. Die Druckreferenzkammer 703 ist im Basiskörper vorgesehen und mit einer Membran 704 auf der Oberseite verschlossen.

Ein Drucksensor mit einer viereckigen Membran 704 und einer Seitenlänge von 80  $\mu\text{m}$  wurde versuchsweise mit Hilfe der Mikrobearbeitungstechnik hergestellt. Dieser Drucksensor ist dadurch ausgezeichnet, daß die Membran 704 und die Referenzdruckkammer in ein Siliziumsubstrat 702 durch Ätzen von der Oberfläche aus hergestellt wurde. Ein derartiger Aufbau geht aus Fig. 35 schematisch hervor. Ein Siliziumkristall mit einer (100)-Oberfläche findet als Substrat Verwendung, wobei die Membran 704 mit einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Schicht 713 überzogen ist. Um die Membran 704 herum wurden Ätzbohrungen angebracht und unterhalb der Membran ein Hohlraum ausgebildet. Die ausgeätzten Bohrungen wurden dann mit einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Schicht 713 abgedichtet. Für den Fall, daß der Sensor als Beschleunigungssensor Verwendung finden soll, werden Anschläge vorgesehen, um eine exzessive Auslenkung zu verhindern, womit die Stoßfestigkeit erhöht wird.

Bei der in Fig. 60 dargestellten bekannten Ausführungsform eines Beschleunigungssensors findet ein Ausleger 8102 Verwendung, der durch Ätzen hergestellt und mit einem Gewicht 8103 versehen ist. Der Ausleger ist einstückig mit einem Basiskörper 8101 verbunden. Die diffundierten Widerstände, um eine Beschleunigungskraft in elektrische Signale umzuwandeln, sind an dem Ausleger 8102 angebracht. Auf der Oberseite befindet sich ein Anschlag 8105, desgleichen ist ein Anschlag 8106 auf der Unterseite angebracht, um eine Zer-

störung des Auslegers zu verhindern, wenn eine exzessive Beschleunigung einwirkt.

Wenn eine in Richtung des Pfeiles wirksame Beschleunigungskraft auf den Sensor einwirkt, d. h. von oben nach unten in der dargestellten Ausführungsform, verformt sich der Ausleger 8102 und wird nach unten ausgelenkt. Dadurch ändern sich die Widerstandswerte der diffundierten Widerstände, so daß mit Hilfe des Sensors die Beschleunigung aus dieser Änderung abgeleitet werden kann.

Bekannte Halbleiter-Beschleunigungssensoren, die in Mikrobearbeitungstechnik hergestellt wurden und deren Empfindlichkeit durch Abtragen der diffundierten Widerstandsbereiche mit Hilfe von Ätzverfahren erhöht worden ist, weisen nachfolgende Probleme auf:

1. während der Durchführung des Ätzvorganges, um den Verformungsbereich dünner zu gestalten, muß die Verdrahtung durch einen Schutzüberzug geschützt werden;
2. infolge des lithographischen Verfahrens unter Verwendung von Photoresistmaterialien wird das Herstellungsverfahren erheblich verlängert;
3. die Dauer des Ätzvorganges und die Dicke des für die Feststellung der Auslenkung verantwortlichen Bereiches verändert sich beträchtlich in Abhängigkeit vom Ätzmittel, da ein Naßverfahren erforderlich ist;
4. die Stoßfestigkeit ist verringert, da der diffundierte Widerstandsbereich sehr dünn ist;
5. dieses Dünnmachen des diffundierten Widerstandsbereiches ist mit erheblichem Zeitaufwand verbunden, wodurch das Herstellungsverfahren verlängert wird.

Mit Hilfe der Erfindung sollen Maßnahmen gefunden werden, um eine große Anzahl von Halbleiter-Beschleunigungssensoren aus einem einzigen Halbleitersubstrat herstellen zu können, damit die Kosten infolge einer einfachen Herstellung von Auslegern aus dem mit den diffundierten Widerständen versehenen Halbleitersubstrat möglichst gering gehalten werden können. Die dabei gewonnene Struktur soll eine hohe Stoßfestigkeit haben, wobei der Ausleger konstruktiv möglich gleichmäßige Dicke haben soll und Spannungskonzentrationen in irgendwelchen Bereichen vermieden werden sollen.

Bei der Verwendung eines Naßverfahrens zum Abarbeiten und zur Herstellung der Druckreferenzkammer bei Drucksensoren, so daß eine dünne Membran über der Kammer übrig bleibt, ergeben sich in ähnlicher Weise wie bei dem Beschleunigungssensor folgende Probleme:

1. wegen des verwendeten photolithographischen Verfahrens und der Notwendigkeit ein Photoresistmaterial zu verwenden, verlängert sich das Herstellungsverfahren;
2. da zum Ätzen starke Basen benötigt werden, ergeben sich unerwünschte chemische Beeinträchtigungen von nicht die Membran betreffenden Teilen, die nicht beeinträchtigt werden sollen, d. h. die Verfahren zur Herstellung sind begrenzt;
3. die Zeitdauer für die Herstellung der Membran und der Bearbeitung auf die endgültige Dicke variiert beträchtlich in Abhängigkeit von dem im Naßprozeß benutzten Ätzmaterial. Daraus ergibt sich eine verringerte Ausbeute;

4. wegen des Naßverfahrens ist die Zeitdauer für die Herstellung der Membran und das Bearbeiten auf die endgültige Dicke sehr von dem Ätzmaterial abhängig, wodurch sich ebenfalls eine verschlechterte Ausbeute ergibt. 5

Daraus leitet sich der Wunsch ab, Maßnahmen zu finden, um einen Halbleiter-Beschleunigungssensor und einen Drucksensor herstellen zu können, wobei die Bearbeitung der diffundierten Widerstandsbereiche ver einfacht ist und eine hohe Empfindlichkeit erreicht wird. 10

Anhand der Fig. 61 bis 63 werden Maßnahmen beschrieben, mit denen eine Beschädigung des Sensorelements vermieden werden sollen. Gemäß Fig. 61 ist ein Basiskörper 801 zwischen einem oberen Anschlag 803 und einem unteren Anschlag 804 eingespannt, wobei die Anschläge die Deformation des Basiskörpers bei einer exzessiven Auslenkung begrenzen. In Fig. 62 wird die Nullage des Basiskörpers 801 gezeigt, wenn keine Beschleunigung einwirkt. Dagegen zeigt Fig. 61 den Fall einer Beschleunigungseinwirkung, wobei der Basiskörper am oberen Anschlag 803 zur Anlage kommt und dadurch nicht zerstört wird. Trotzdem wirkt auf den ausgedünnten Bereich nach wie vor eine Kraft ein, die eine Beschädigung auslösen kann. In Fig. 63 ist der Fall dargestellt, daß der Basiskörper 801 am unteren Anschlag 804 zur Anlage kommt. 20

Diese Maßnahmen zur Verhinderung einer exzessiven Auslenkung zeigen nach wie vor Probleme: 25

1. da bei einer exzessiven Auslenkung das vordere Ende des Auslegers am Anschlag zur Anlage kommt, kann sich trotzdem das Sensorelement in den übrigen Bereichen stark verformen, so daß der Ausleger nach wie vor beschädigungsgefährdet ist; 35
2. es wirkt dabei eine erhebliche Last auf den ausgedünnten Bereich mit den diffundierten Widerständen ein;
3. obwohl Maßnahmen zur Dämpfung durch Einfüllen von Silikonöl in das Gehäuse des Beschleunigungssensors angewandt werden, um den Anschlagstoß zu verringern, sind diese Maßnahmen nicht zufriedenstellend, weil die Kosten der Herstellung durch das Einfüllen von Silikonöl stark erhöht werden. 45

Deshalb soll auch hier durch Verbesserungsmaßnahmen Abhilfe für folgende Probleme geschaffen werden:

1. die Struktur des Sensors soll die Stoßfestigkeit verbessern bzw. die Stoßwirkung verringern; 50
2. die auf die ausgedünnten Bereiche des diffundierten Widerstands einwirkende Kraft soll verringert werden;
3. die Kosten für die Herstellung und die Erhöhung der Stoßfestigkeit sollen verringert werden. 55

Zur Überwindung dieser Probleme sind einzeln oder im Zusammenspiel die nachfolgenden Maßnahmen vorgesehen: 60

1. das Sensorelement für den Halbleiter-Beschleunigungssensor oder den Halbleiter-Drucksensor wird in rechteckiger Säulenform (rechteckiges Parallelipedon) hergestellt;
2. der diffundierte Widerstandsbereich zur Feststellung der Spannung wird mit derselben Dicke wie der Ausleger hergestellt. Das Sensorelement ist als 65

flache plane Platte ausgebildet;

3. das Sensorelement für den Beschleunigungssensor wird aus einem Halbleitersubstrat gewonnen, das an einer Halterung befestigt ist;

4. der Anschluß zum Verbinden des Auslegers, der unter Spannung ausgelenkt wird, mit der Halterung wird aus einem polymeren Material hergestellt;

5. der auslenkbare Bereich bzw. der Ausleger ist mit der Halterung mechanisch verbunden;

6. für die Halterung wird Glas verwendet, wobei der Ausleger mit der Halterung mit einem anodischen Bindemittel verbunden werden;

7. die elektrische Schaltung ist als CMOS-Struktur aufgebaut;

8. zum Unterdrücken einer Temperaturdrift ist eine Temperaturkompensationsschaltung auf dem Halbleiterelement des Auslegers vorgesehen;

9. eine Verstärkerschaltung verstärkt das Ausgangssignal des Sensors;

10. zur Abstimmung der Ausgangsspannung der Verstärkerschaltung auf einen gewünschten Wert ist eine Trimschaltung aus mehreren Widerständen vorgesehen, von denen einzelne zur Einstellung der Größe des Ausgangssignals eliminierbar sind;

11. an dem Ausleger sind an unterschiedlichen Stellen Gewichte angebracht;

12. durch geeignete Kapselung des Beschleunigungssensors wird zur Trimmung ein Laserstrahl benutzt, mit dem einzelne Widerstandswerte aus der Schaltung heraustrennbar sind;

13. die diffundierten Widerstände und die elektrische Verdrahtung ist auf einer Seite des Auslegers angebracht;

14. zur Feststellung der Änderung der Widerstandswerte in Abhängigkeit von einer Kompression oder einer Zugspannung werden die diffundierten Widerstände in der Nähe der Oberfläche und der Rückseite des Auslegers angebracht.

Im Zusammenhang mit den für den Drucksensor sich aus dem Stand der Technik ergebenden Problemen werden weitere Maßnahmen vorgesehen.

15. Der Basiskörper (702) des Drucksensors ist mit einer Membran versehen, auf dem das Sensorelement (701) als separates Element angebracht ist;

16. an dem Sensorelement (701) sind diffundierte Widerstände an der Seite, d. h. an einer Fläche senkrecht zur Membran angebracht, wobei sich das Sensorelement auf der Membran in einem Bereich befindet, der über einer Druckreferenzkammer liegt;

17. die Änderung der Widerstandswerte entsprechend einer Druck- oder Spannungsbeanspruchung werden mit Hilfe einer Brückenschaltung festgestellt, indem die diffundierten Widerstände im Bereich der Oberfläche, an der die Spannung einwirkt und auf der Rückseite im Bereich der Membran angebracht sind;

18. von dem Sensorelement (701) ist nur eine Kante am Basiskörper fixiert;

19. das Sensorelement (701) mit den diffundierten Widerständen (708) ist ausgeschnitten und auf dem Basiskörper (702) mit der Membran (704) befestigt;

20. das Sensorelement (701) ist im Bereich des nach oben offenen Basiskörpers (716) mit diesem verbunden;

21. das Sensorelement (701) wird nach dem Ausschneiden aus dem Halbleitersubstrat dünn poliert

und mit einem Basiskörper (702), der eine Membran (704) hat, verbunden;

22. zur Verhinderung von Beschädigungen sind Anschläge derart ausgebildet, daß sie sich an die Verformung des Auslegers unter Druckbelastung anlegen;

23. die Seite des Sensorelementes mit den diffundierten Widerständen ist auf das als Halterung dienende Substrat ausgerichtet und an diesem fixiert, so daß das Sensorelement selbst bei einer exzessiven Auslenkung geschützt ist. Ferner sind die ausgangsseitigen Anschlußflächen des Beschleunigungssensors 1001 mit der Leiterplatte verbunden, indem das Sensorelement auf Lötpunkten aufgelegt ist und durch Erwärmen mit der Leiterplatte verbunden wird. Gleichzeitig werden damit die Verbindungen für den Abgriff der Ausgangssignale geschaffen.

Ein typischer Aufbau eines Halbleiter-Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung besteht aus einem Ausleger, der mit einer Halterung über Bindemittel verbunden ist. Das durch die Verformung des Auslegers ermittelte Beschleunigungssignal wird in einer Verstärkerschaltung verstärkt und über eine Ausgangsschaltung ausgekoppelt. Eine durch Temperatureinflüsse verursachte Temperaturdrift kann mit Hilfe einer Temperaturkompensationsschaltung beseitigt werden.

Ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiter-Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung besteht darin, daß zunächst ein Ausleger in rechteckiger Säulenform (rechteckiges Parallelepipedon) geschaffen wird, der einseitig an einer Halterung mit einem Bindemittel befestigt wird. Zu diesem Zweck werden bei der Herstellung auf einem Halbleitersubstrat Halbleiterelemente mit Verstärkerschaltungen und Temperaturkompensationsschaltungen ausgebildet, wobei die Verstärkung und der Offset durch entsprechende Elemente festgelegt wird. Anschließend werden die einzelnen Elemente von dem Halbleitersubstrat abgetrennt. Das derart abgetrennte Halbleiterelement, welches das Sensorelement darstellt, wird mit der Halterung fixiert. Zur Abstimmung werden Widerstände mit Hilfe einer Laserstrahlung unwirksam gemacht.

Aufgrund der vorausstehend aufgeführten Verbesserungsmaßnahmen ergeben sich die nachfolgenden erläuterten Vorteile:

1. Durch die erste und zweite Maßnahme ist es möglich, einen Ausleger zu schaffen, bei dem der diffundierte Widerstandsbereich nicht dünner gemacht werden muß.

2. Durch die dritte Maßnahme wird das Herstellungsverfahren nicht verlängert, da die einzelnen individuellen Herstellungsfunktionen separat ausgeführt werden können. Außerdem wird die Schwierigkeit vermieden, welche sich ergibt, wenn durch eine Filmschicht Spannungen eingeleitet werden und dadurch Verformungen entstehen. Die Herstellung eines Auslegers kann mit Hilfe eines existierenden Halbleiterverfahrens erfolgen, wodurch ein Halbleiterelement in der Größe von 8 mm Länge, 0,5 mm Breite und 0,1 mm Dicke einfach herzustellen ist.

3. Durch die vierte Maßnahme ist es möglich, den Ausleger mit der Halterung bei niedriger Temperatur zu verbinden, wobei Teile des Auslegers oder der Halterung leicht ausgetauscht werden können.

4. Durch die fünfte Maßnahme kann der Ausleger und die Halterung starr miteinander verbunden werden, wobei Teile des Auslegers oder der Halterung leicht austauschbar sind.

5. Durch die sechste Maßnahme ist der Ausleger sehr einfach und schnell mit der Halterung zu verbinden.

6. Durch die siebte Maßnahme kann eine Schaltung mit geringem Leistungsbedarf geschaffen werden.

7. Durch die achte Maßnahme ergibt sich eine einfache Temperaturkompensation auf dem Ausleger, da der Ausleger zusammen mit der Temperaturkompensationsschaltung während des Verfahrens zur Herstellung des Halbleiters geschaffen wird.

8. Durch die neunte Maßnahme läßt sich die Verstärkerschaltung einfach auf dem Ausleger installieren, da der Ausleger zusammen mit der Schaltung in einem Halbleiter-Herstellungsverfahren geschaffen wird.

9. Durch die zehnte Maßnahme wird es möglich, die gewünschten Werte einerseits und das Einstellen der Widerstände andererseits konform für ein gewünschtes Ausgangssignal festzulegen.

10. Durch die elfte und zwölfte Maßnahme lassen sich Abweichungen des Ausgangssignals, die durch Dickenabweichungen des Auslegers verursacht sind, von außen einfach beseitigen und eine Feineinstellung machen.

11. Durch die dreizehnte Maßnahme läßt sich die Zahl der Elemente bei der Bearbeitung des Halbleitersubstrats dadurch vergrößern, daß die elektrische Schaltung, und zwar die diffundierte Widerstände und die Ausgangsschaltung, auf einer Seitenfläche des Halbleitersensors angebracht werden, womit die Fertigungskosten erheblich reduzierbar sind. Aufgrund der Tatsache, daß eine gleichmäßige Dicke bei dieser Herstellung gegeben ist, ergibt sich eine ausgezeichnete Stoßfestigkeit.

12. Durch die vierzehnte Maßnahme kann eine Verdoppelung der Empfindlichkeit erreicht werden gegenüber der Empfindlichkeit, die mit diffundierten Widerständen möglich ist, wenn diese auf der Oberfläche des Elementes angebracht sind.

13. Durch die fünfzehnte Maßnahme kann das Sensorelement unabhängig von der Herstellung des Basiskörpers ausgebildet werden, da das Sensorelement unabhängig von der Membran im Basiskörper herstellbar ist. Die diffundierte Widerstände können mit hoher Präzision hergestellt werden.

14. Durch die sechzehnte Maßnahme ist die Herstellung der Halbleiteranordnung mit hoher Ausbeute möglich, da das Element nicht integral mit der Druckreferenzkammer erstellt wird und das Sensorelement die diffundierte Widerstände auf der Seite trägt, d. h. senkrecht zur Membran verlaufend, wogegen die Membran im Basiskörper angeordnet ist.

15. Durch die siebzehnte Maßnahme erhält man Ausgangssignale, die aufgrund der Änderung der Widerstandswerte durch Multiplikation der an den diffundierten Widerständen anliegenden Druckspannung und der an weiteren diffundierten Widerständen anliegenden Zugspannungen entstehen.

16. Durch die achtzehnte Maßnahme ist wegen des Referenzdruckes an der Membran nur die positive Charakteristik als Ausgangssignal erhältlich.

17. Durch die neunzehnte Maßnahme läßt sich das Sensorelement sehr einfach mit guter Ausbeute

herstellen, da dieses aus dem Halbleitersubstrat ausgeschnitten und mit dem Basiskörper verbunden wird, welcher die Membran trägt.

18. Durch die zwanzigste Maßnahme entfällt die Notwendigkeit, im Basiskörper eine Membran auszubilden, so daß der Basiskörper sehr leicht herstellbar ist.

19. Durch die einundzwanzigste Maßnahme kann die Empfindlichkeit wesentlich verbessert werden, indem das Sensorelement dünner ausgestaltet wird.

20. Durch die zweundzwanzigste Maßnahme wird durch eine flächige Anlage des Sensorelements beim Anschlag eine Beeinträchtigung des Sensorelements verhindert, da der Verlauf der Oberfläche des Anschlages dem Verlauf der Krümmung des Auslegers bei einer exzessiven Beschleunigung entspricht.

Wenn die Beschleunigungskraft homogen auf den Ausleger einwirkt, wird die Auslenkung bzw. die Krümmungskurve durch folgende Gleichung beschrieben:

$$y = WL^4/8EI(1 - 4x/31 + x^2/31^2) \quad (1)$$

In dieser Gleichung ist  $Y$  die Auslenkung,  $W$  die Masse,  $L$  die Länge des Auslegers,  $E$  der Elastizitätsmodul in Längsrichtung und  $I$  ein sektionales sekundäres Trägheitsmoment.

21. Durch die dreiundzwanzigste Maßnahme lassen sich Elemente, welche kaum ein Drehmoment erfahren, und auch von anderen Achsen unbeeinflußt sind, derart aufbauen, daß die diffundierte Widerstandsseite auf die Leiterplatte in einer Anordnung ausgerichtet ist, in der die elektrischen Schaltungen und zwar die diffundierten Widerstände und die Ausgangsschaltung, an der Seite des Beschleunigungssensor angebracht sind. Die Elemente zeigen sehr gute charakteristische Eigenschaften, selbst wenn im Bereich der diffundierten Widerstände der Aufbau dünner gern acht wird. Bei der Verwendung von Silizium als Halbleitermaterial ergeben sich ausgezeichnete Signalwerte, da dieses Material auch eine hohe mechanische Qualität besitzt. Obwohl das Young'sche Modul von Silizium mehr oder weniger von der Kristallausrichtung abhängt, ist dessen maximaler Wert in der Nähe von Stahl und hat gute Federeigenschaften.

Bei einem Beschleunigungssensor, dessen Ausleger einseitig unterstützt ist, kann dieser schwieriger zerstört werden, wenn er seine Beschleunigungskraft von der Seite der diffundierten Widerstände erfährt und nicht von der Seite, an der das Element durch Ausnehmungen dünner gemacht ist (siehe Fig. 72).

Wenn das Sensorelement derart aufgebaut ist, daß die Seite der diffundierten Widerstände gegen die Leiterplatte gerichtet ist, ergeben sich folgende Vorteile:

1. Bei einem Aufbau, bei welchem die diffundierte Widerstandsseite gegen die Seite der Halterung und das Substrat ausgerichtet ist, kommt das Sensorelement mit der Leiterplatte in Berührung, wenn es in Richtung der Seite der diffundierten Widerstände ausgelenkt wird. Dadurch wird eine Zerstörung des Elementes verhindert.

2. Da die Verdrahtung des Sensorelementes gegen die Leiterplatte ausgerichtet ist, ergibt sich eine einfache Möglichkeit der Kontaktverbindung und

gleichzeitig eine einfache Kontaktverbindung zu den ausgangsseitigen Anschlußkontakten.

Die Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Ansprüchen und der Zeichnung. Es zeigen:

5 Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Halbleiter-Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung;

10 Fig. 2 ein Blockdiagramm des Herstellungsverfahrens des Halbleiter-Beschleunigungssensors;

Fig. 3 ein weiteres Blockdiagramm des Herstellungsverfahrens für den Halbleiter-Beschleunigungssensor mit weiteren Details;

15 Fig. 4 ein weiteres Blockdiagramm des Herstellungsverfahrens des Halbleiter-Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung;

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht eines Halbleiter-Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung;

20 Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer bekannten Ausführungsform eines Halbleiter-Beschleunigungssensors;

Fig. 7 eine Seitenansicht, aus der die Befestigung des Auslegers an der Halterung hervorgeht;

Fig. 8 eine Seitenansicht mit einer anderen Ausführungsform der Befestigung des Auslegers an der Halterung;

Fig. 9 eine weitere Ausführungsform der Befestigung des Auslegers an der Halterung;

30 Fig. 10 eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform der Befestigung des Auslegers an der Halterung;

Fig. 11 eine Verstärkerschaltung für den Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung;

35 Fig. 12 eine weitere Verstärkerschaltung für den Halbleiter-Beschleunigungssensor;

Fig. 13 eine Trimmsschaltung für die Abstimmung einer Differenzverstärkerschaltung;

Fig. 14 eine schematische Darstellung von Schaltkreisteilen zum Trimen einer Brückenschaltung gemäß der Erfindung;

40 Fig. 15 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Trimmverfahrens;

Fig. 16 eine Seitenansicht des Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung;

45 Fig. 17 eine Erläuterung eines Trimmverfahrens mit Hilfe von Laserlicht;

Fig. 18 eine schematische Darstellung der Kapselung des Halbleiter-Beschleunigungssensors in einem Gehäuse;

Fig. 19 eine schematische Darstellung des als Ausleger benutzten Sensorelementes;

Fig. 20 den auf einer Halterung fixierten Ausleger in schematischer Darstellung;

50 Fig. 21 eine perspektivische Darstellung des Sockels für den Sensor;

Fig. 22 eine perspektivische Darstellung des Sockels mit angeschlossenem Beschleunigungssensor;

Fig. 23 den gekapselten Beschleunigungssensor;

55 Fig. 24 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform des Halbleiter-Beschleunigungssensors;

Fig. 25 eine schematische Seitenansicht des Beschleunigungssensors mit angedeuteter Detektorschaltung;

60 Fig. 26 eine perspektivische Ansicht eines Beschleunigungssensor nach dem Stand der Technik;

Fig. 27 ein Blockdiagramm einer bekannten Detektorschaltung für einen Beschleunigungssensor;

Fig. 28 ein Blockdiagramm einer Detektorschaltung für den Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung;

Fig. 29 eine Darstellung zur Erläuterung der einzelnen Sensorelemente auf einem Siliziumwafer;

Fig. 30 eine schematische Darstellung eines aus dem Siliziumwafer gewonnenen Sensorelements;

Fig. 31 eine schematische Darstellung der Verbindung der Anschlußflächen zwischen dem Sensorelement und der Halterung eines Beschleunigungsmessers;

Fig. 32 einen Schnitt durch eine Ausführungsform eines Halbleiter-Drucksensors gemäß der Erfindung;

Fig. 33 einen Schnitt durch den Basiskörper des Drucksensors mit aufliegendem Sensorelement;

Fig. 34 einen Schnitt durch einen bekannten Halbleiter-Drucksensor;

Fig. 35 einen Schnitt durch einen bekannten Halbleiter-Drucksensor, der in Mikrobearbeitungstechnik hergestellt ist;

Fig. 36 eine Seitenansicht eines Halbleiter-Drucksensors gemäß der Erfindung;

Fig. 37 eine schematische Darstellung des Herstellungsverfahrens des Drucksensors gemäß der Erfindung aus einem Halbleitersubstrat;

Fig. 38 ein Drucksensorelement in perspektivischer Darstellung;

Fig. 39 das auf einen Basiskörper angebrachte Sensorelement;

Fig. 40 einen Schnitt durch einen Basiskörper mit aufliegendem Sensorelement zur Erläuterung der Wirkungsweise;

Fig. 41 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Wirkungsweise des Sensorelements;

Fig. 42 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Wirkungsweise des Sensorelementes;

Fig. 43 einen Schnitt durch eine weitere Ausführungsform eines Halbleiter-Drucksensors gemäß der Erfindung;

Fig. 44 eine vergrößerte Schnittdarstellung des Basiskörpers und des Sensorelementes gemäß Fig. 43;

Fig. 45 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Anordnung der diffundierten Widerstände;

Fig. 46 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Abhängigkeitsverhältnisse zwischen den diffundierten Widerständen und der Halterung;

Fig. 47 eine graphische Darstellung der ausgangsseitigen Empfindlichkeit in Abhängigkeit von den diffundierten Widerständen und der Halterung;

Fig. 48 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Halbleitergröße und der ausgangsseitigen Empfindlichkeit;

Fig. 49 eine graphische Darstellung der Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Winkellage beim Vollkreis;

Fig. 50 eine graphische Darstellung der Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Winkellage beim Vollkreis für den Stand der Technik;

Fig. 51 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Chipbreite und der Chipdicke sowie dem Signalrauschverhältnis;

Fig. 52 eine graphische Darstellung der Ausgangsspannung über den Vollkreis für einen biaxialen Sensor gemäß der Erfindung;

Fig. 53 eine perspektivische Darstellung zur Erläuterung eines biaxialen Sensors gemäß der Erfindung;

Fig. 54 und 55 Schaltkreisdiagramme zur Erläuterung einer Brückenschaltung für einen biaxialen Sensor;

Fig. 56 ein elektrisches Schaltdiagramm für einen Sensor gemäß der Erfindung;

Fig. 57 eine Seitenansicht des Layouts der elektrischen Schaltung gemäß der Erfindung an einem Sensor-  
element;

Fig. 58 eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform eines Halbleiter-Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung;

Fig. 59 eine perspektivische Ansicht von Ausgestaltungen eines Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung;

Fig. 60 ein Halbleiter-Beschleunigungssensor nach dem Stand der Technik;

Fig. 61, 62 und 63 Darstellungen zur Erläuterung der Wirkungsweise eines bekannten Beschleunigungssensors;

Fig. 64, 65 und 66 schematische Seitenansichten des Halbleiter-Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung in unterschiedlichen Betriebslagen;

Fig. 67 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Halbleiter-Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung;

Fig. 68 eine perspektivische Ansicht einer dritten Ausführungsform eines Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung;

Fig. 69 eine Seitenansicht und eine Draufsicht einer weiteren Ausführungsform eines Halbleiter-Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung;

Fig. 70 eine Seitenansicht eines Halbleiter-Beschleunigungssensor nach dem Stand der Technik;

Fig. 71 schematische Zeichnungen zur Erläuterung des Herstellungsverfahrens des Halbleiter-Beschleunigungssensors nach der Ausführungsform gemäß Fig. 69;

Fig. 72 eine erläuternde Darstellung eines bekannten Halbleiter-Beschleunigungssensors;

Fig. 73 erläuternde Darstellungen zur Herstellung des Halbleiter-Beschleunigungssensors nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 74 und 75 erläuternde Darstellungen von Verfahrensschritten bei der Herstellung eines Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung;

Fig. 76 erläuternde Darstellungen zum Herstellungsverfahren eines modifizierten Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung;

Fig. 77 eine erläuternde Darstellung zur Anbringung eines Gewichtes an einem Sensorelement;

Fig. 78 erläuternde Darstellungen zur Anbringung eines Gewichtes an einem Sensorelement;

Fig. 79 eine erläuternde Darstellung zu einer anderen Version der Anbringung eines Gewichtes an einem Sensorelement;

Fig. 80 eine erläuternde Darstellung für einen Halbleiter-Beschleunigungssensor mit integriertem Mikro-Computer.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend erläutert.

## 1. Ausführungsform

In Fig. 5 ist in perspektivischer Ansicht ein Halbleiter-Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung dargestellt. Für diesen Sensor ist ein diffundierter Widerstand R auf einem Ausleger 1 mit einem Brückenschalter verbunden, der mit einer Temperaturkompensationsschaltung und einer Verstärkerschaltung zusammenarbeitet. Der Ausleger 1 ist mit einer Halterung 2 verbunden. Bei der erläuterten Ausführungsform sind der Ausleger 1 und die Halterung 2 als separate Teile hergestellt, wobei der Sensor mit einer Länge von etwa 8 mm, einer Breite von etwa 0,5 mm und einer Dicke von etwa 0,1 mm rea-

lisierbar ist. Diese nicht monolithisch aufgebaute Ausführungsform ist als verhältnismäßig kleine Halbleiteranordnung zu betrachten.

Ein Verfahren zur Herstellung des Beschleunigungssensors sieht vor, daß die Halbleiteranordnung, welche den Ausleger 1 bildet, zuerst hergestellt wird und dann die Halterung 2, wobei für die Halterung dasselbe Material wie für die Halbleiteranordnung Verwendung findet, um thermische Einflüsse und Spannungen so klein als möglich zu halten bzw. zu vermeiden. Ausführungen, um den Ausleger 1 und die Halterung 2 miteinander zu verbinden, sind in den Fig. 7 bis 10 dargestellt.

## 2. Ausführungsform

Eine verhältnismäßig einfache Methode zum Verbinden des Auslegers 1 und der Halterung 2 ist in Fig. 7 dargestellt. Gemäß dieser Ausführungsform kann in die Halterung 2 ein Loch gebohrt und der Ausleger 1 mit Hilfe eines Befestigungsschaftes mechanisch mit der Halterung verbunden werden, wobei der Befestigungsschaft 18 über eine Andruckplatte 22 den Ausleger an die Halterung andrückt.

## 3. Ausführungsform

In Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform dargestellt, wobei als Halterung ein Glasmaterial 5 Verwendung findet, welches mit dem Ausleger 1 durch anodische Behandlung verbunden ist.

## 4. Ausführungsform

Die Verbindung des Auslegers mit der Halterung kann mit Hilfe eines Klebers oder eines polymeren Materials, wie z. B. Epoxidharz 6, gemäß Fig. 9, ausgeführt sein.

## 5. Ausführungsform

Es ist auch vorgesehen gemäß Fig. 10, zum Verbinden des Auslegers mit der Halterung eine Metallfusion zu verwenden, indem die beiden Teile mit einem Lötmittel 7 verbunden werden.

## 6. Ausführungsform

Für die beiden Teile, nämlich den Ausleger 1 und die Halterung 2, sind bevorzugt Materialien mit gleichem Temperaturausdehnungskoeffizienten zu verwenden, damit thermische Spannungen vermieden werden.

## 7. Ausführungsform

Da das Ausgangssignal des Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung mit den zuvor erwähnten Abmessungen in der Größenordnung von 0,1 mV erreichbar ist und damit bei dem berücksichtigten Gewicht von etwa 2,8 mg verhältnismäßig klein ist, wird auf dem Beschleunigungssensor eine Verstärkerschaltung angebracht, die eine Verstärkung von etwa 100 hat.

## 8. Ausführungsform

Da der Ausleger des Sensors aus einem Halbleiter besteht, ist eine Temperaturkompensationsschaltung erforderlich, um den Einfluß einer Temperaturdrift zu verhindern. Es ist auch möglich, Trimmfunktionen in der

Schaltung vorzusehen, wie sie sich aus den Fig. 12 und 13 ergeben. Dabei zeigt Fig. 12 einen Differentialverstärker, der mit einer Brückenschaltung 20 verbunden ist, wobei die Schaltung 9 am Differentialverstärker der

5 Trimmfunktion dient. Diese Trimmsschaltung 9 ist gemäß der Anordnung in Fig. 14A aufgebaut, wobei die Trimmfunktion dadurch erzielt wird, daß Verbindungsleitungen mit Hilfe von Laserlicht aufgetrennt werden, um unnötige Widerstände auszuschalten. Eine derartige 10 aufgetrennte Verbindung ist in Fig. 15 dargestellt.

Die Widerstände der Trimmsschaltung können in der Halterung des Sensors untergebracht sein.

Es ist auch vorgesehen, zum Einstellen der Widerstände eine Anordnung gemäß Fig. 14B zu verwenden, bei 15 der die Unterbrechung von Verbindungsleitungen in derselben Weise erfolgt.

## 9. Ausführungsform

20 In der Brückenschaltung 20 gemäß Fig. 13 sind Widerstände R5 und R6 vorgesehen, die ebenfalls als Trimmwiderstände Verwendung finden. Ein weiterer Widerstand G ist am Operationsverstärker gemäß Fig. 11 angebracht, um den Regelversatz einzustellen.

25 Zum Trimen des Versatzes und der Verstärkung wird dasselbe Verfahren verwendet, indem von mehreren Widerständen durch Auf trennen von Verbindungen mit Hilfe von Laserlicht unnötige Widerstände abgetrennt werden, wie dies in den Fig. 14 und 15 angedeutet ist.

30

## 10. Ausführungsform

Aus Fig. 16 ist zu entnehmen, daß am freien Ende des 35 Auslegers 1 Gewichte 3 angebracht sein können, um dessen Auslenkung zu vergrößern.

## 11. Ausführungsform

Aus Fig. 17 geht andeutungsweise hervor, wie die Gewichtstrimmung vorgenommen wird, indem nämlich mehrere Gewichte 3 an dem freien Ende des Auslegers 1 angebracht werden. Durch eine Berücksichtigung der Lage der Gewichte läßt sich im voraus das Ausgangssignal errechnen, wobei ebenfalls eine Anpassung dadurch erfolgen kann, daß mit Hilfe von Laserlicht 17 Gewichtsteile an bestimmten Stellen des Auslegers entfernt werden. Damit ist eine sehr genaue Einstellung des Ausgangssignals für den Beschleunigungsmesser möglich.

## 12. Ausführungsform

Wenn der Ausleger, die Halterung und die Gewichte in einem Glastubus 10 oder dergleichen untergebracht sind, ist es möglich, eine Feinjustage von außen durch den Glastubus vorzunehmen, indem die Wellenlänge des Laserlichtes 10 entsprechend ausgewählt wird. In Fig. 18 ist eine solche Kapselung dargestellt. Um die Stoßfestigkeit der Gehäusestruktur zu verbessern, ist es vorgesehen, den Sensoraufbau auf einem elastischen Sockel anzurufen.

## 13. Ausführungsform

65 In den Fig. 19 bis 23 wird ein Beispiel eines Herstellungsverfahrens im Detail dargestellt. Eine Halbleiteranordnung 15 gemäß Fig. 19A enthält eine Verstärkerschaltung und eine Temperaturkompensationsschaltung

und wird als solche zuerst gefertigt, wobei das Muster der Halbleiteranordnung 15 in Fig. 19B andeutungsweise gezeigt ist. Anschließend wird gemäß Fig. 20 die Halbleiteranordnung 15 auf einer Halterung 16 fixiert. Diese Halterung wird mit einem Sockel 13 verbunden, in dem Stifte angebracht sind, die durch den Sockel verlaufen und in einen Glasstopfen gemäß Fig. 21 eingeschmolzen sind. Diese Stifte werden mit der Halterung 16 verbunden und stehen entsprechend mit den zugeordneten Schaltungsteilen in Verbindung. Abschließend wird gemäß Fig. 23 der gesamte Beschleunigungssensor in das Glasgehäuse 14 eingeschweißt. Dabei ist vorzugsweise ein Glas zu verwenden, welches für Laserlicht 17 durchlässig ist. Obwohl in der dargestellten Ausführungsform keine Anschläge vorgesehen sind, um übermäßige Auslenkungen zu verhindern, können solche ebenfalls in dem Glasgehäuse angebracht sein. Mit einem derartigen Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung kann eine größere Stoßfestigkeit erzielt werden als dies mit Verfahren zum Verdünnen des diffundierten Widerstandsbereiches üblich ist.

#### 14. Ausführungsform

Im nachfolgenden wird anhand der Fig. 24 eine Ausführungsform beschrieben, bei welcher ein diffundierter Widerstand auf der einen Seite des Auslegers angebracht ist. Die Darstellung zeigt einen Beschleunigungssensor in perspektivischer Ansicht, bei dem die elektrische Schaltung auf der Seite des Halbleiterbeschleunigungssensors angebracht ist. Der Sensor gemäß Fig. 24 umfaßt einen Ausleger 501 und eine Halterung 502, auf welcher der Ausleger befestigt ist. Je nach dem gewünschten Wert des Ausgangssignals sind am freien Ende des Auslegers nicht dargestellte Gewicht angebracht. Die diffundierten Widerstände sowie die Anschlußflächen, die Verdrahtung und die Temperaturkompensationsschaltung sowie die Verstärkerschaltung sind an der Seite des Auslegers 501 angeordnet. Das Ausgangssignal wird über Anschlüsse 512 abgegriffen, die über Leitungen 504 auf der Halterung 502 angeordnet sind.

Bei der Herstellung wird zunächst der Ausleger geformt und diffundierte Widerstände 505 auf einem Halbleitersubstrat 507 gemäß Fig. 29 ausgebildet. Der Umfang jedes Halbleiterelementes wird mit Hilfe einer Linie 508 festgelegt und anschließend die Halbleiterscheibchen entlang dieser Linie ausgeschnitten. Beispielsweise werden dabei Abmessungen in der Größenordnung von 6 mm Länge, 0,1 mm Dicke und 0,525 mm Breite eingehalten, was der Halbleiteranordnung gemäß der Erfindung im Normalfall entspricht. Aus Fig. 13 geht ein solches ausgeschnittenes Halbleiterelement hervor. Durch diese Art der Herstellung lassen sich Halbleiterelemente mit einer Breite von 0,1 mm leicht erreichen.

Im nächsten Schritt wird der Ausleger 501 mit der Halterung 502 verbunden, indem beispielsweise ein Silikonkleber Verwendung findet, um den thermischen Ausdehnungskoeffizienten aneinander anzupassen. Die Verdrahtung des Auslegers 501 und der Halterung 502 endet in Anschlußflächen 503, womit die Anschlußflächen des Auslegers 501 sehr nahe an denen der Halterung 502 angebracht werden können, so daß sie mit einem Lötpunkt 509 leicht verbindbar sind. Eine derartige Verbindung ist in Fig. 31 dargestellt. Ein derart mit der Halterung 502 verbundener Ausleger 501 wird schließlich an den Anschlußstiften 512 mit fliegenden Drähten angeschlossen, womit das Ausgangssignal des

Sensors auf der Außenseite des Gehäuses abgreifbar ist.

Die elektrische Schaltung eines derartigen Sensors gemäß der Erfindung ist anhand der Fig. 25 erläutert. Das Ausgangssignal, das sich aufgrund einer Differenz zwischen der Zug- und Druckspannung infolge einer Auslenkung des Auslegers 501 ergibt, wird mit Hilfe einer Brückenschaltung 511 festgestellt. Dies wird anhand der Fig. 27 und 28 näher erläutert. Wenn sich in einer Ebene diffundierte Widerstände befinden und die Brückenschaltung 511 mit Referenzwiderständen  $R_2$  und Meßwiderständen  $R_1$  versehen ist, dann kann  $R_2$  von  $R$  und  $R_1$  von  $R + \Delta R$  präsentiert werden. Das Ausgangssignal  $V$  ergibt sich dann aus folgender Gleichung:

$$\begin{aligned} V_1 &= (R/2R + \Delta R)V \\ V_2 &= (R + \Delta R/2R + \Delta R)V \\ V &= V_2 - V_1 = (\Delta R/2R + \Delta R)V \quad (2) \end{aligned}$$

Die elektrische Brückenschaltung gemäß der Erfindung ist in Fig. 28 dargestellt, wobei der Widerstand  $R$  einen Wert hat, der sich aus dem Kompressionsdruck  $R + \Delta R$  und der Widerstand  $R$  aus der Zugspannung  $R - \Delta R$  ergibt. Die Ausgangsspannung ist dann durch folgende Gleichung repräsentiert:

$$\begin{aligned} V_1 &= (R - \Delta R/2R)V \\ V_2 &= (R + \Delta R/2R)V \\ V &= V_2 - V_1 = (\Delta R/R)V \quad (3) \end{aligned}$$

Wenn  $\Delta R$  in den Gleichungen (2) und (3) vernachlässigt wird, da sein Wert sehr klein ist, nimmt das Ausgangssignal der elektrischen Schaltung gemäß der Erfindung einen doppelten Wert an.

Bei einem Halbleiter-Beschleunigungssensor mit einer Länge von 6 mm, einer Breite von 0,525 mm und einer Dicke von 0,1 mm ergibt sich bei einer angelegten Spannung von 5 V eine Ausgangsspannung von etwa 0,7 mV. Wenn Gewichte zur Vergrößerung der Ausgangsspannung angebracht sind, erhält man einen Wert von etwa 3 mV, wobei keine Verstärkerschaltung vorgesehen ist.

Obwohl die diffundierten Widerstände bei der beschriebenen Ausführungsform nur an der einen Seite des Auslegers angebracht sind, ist es selbstverständlich, daß derartige diffundierte Widerstände auch an der anderen Seite vorgesehen werden, wodurch es möglich wird, auch eine Verdrehung feststellen zu können. Neben der beschriebenen Dicke des Sensors von 0,1 mm ist auch ein solcher mit gleichen Längs- und Breitenabmessungen und einer Dicke von 0,3 mm möglich, und zwar in Abhängigkeit von dem verwendeten Halbleitersubstrat. Bezuglich der Dicke des normalen Halbleitersubstrats sind Werte zwischen 0,2 mm und 1 mm üblich.

#### 15. Ausführungsform

In Fig. 45 ist der strukturelle Aufbau eines Beschleunigungssensor mit diffundierten Widerständen an der Seite des Auslegers dargestellt, wobei diese sich in Längsrichtung des Auslegers erstrecken. Die Position und die relative Zuordnung der Position zwischen dem Ausleger 501 und der Halterung 502 ist wichtig, um eine maximale Empfindlichkeit zu erhalten. Wie aus Fig. 45 hervorgeht, ist die Präferenzposition an der einen Seite der Halterung festgelegt und zwar von einer Position  $1/2L$  aus, wobei  $L$  die gesamte Länge der diffundierten Widerstände ist. Ein optimaler Wert wird erläutert in

Verbindung mit den Fig. 46 und 47. Wenn der diffundierte Widerstand auf der einen Seite der Halterung  $L_1$  ist, ergibt sich ein Ausgangssignal im Bereich von  $\pm 1/2L_1$  als brauchbarer Bereich. Der maximale Wert befindet sich in einer Position, die in Plusrichtung von der Zugkonzentration um etwa  $1/8L_1$  verschoben ist.

Dies ist in Fig. 47 dargestellt. Das Verhältnis der Position der diffundierten Widerstände zur Breite der Elemente ergibt sich aus Fig. 45. Eine höhere Empfindlichkeit kann dadurch erhalten werden, wenn  $t$  näher bei der Außenperipherie liegt. Die Empfindlichkeit kann ebenfalls durch die Abstimmung von  $t_x$  und  $t_0$  eingestellt werden.

Das Verhältnis von  $t_x$  und  $t_0$  ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$V = V_2 - V_1 = (\Delta R/R)V_x(t_x + 2W)/t_0 \quad (4)$$

Daraus ergibt sich, daß die Empfindlichkeit verbessert wird, wenn  $t_x$  größer als  $t_0$  ist.

Zur Bestimmung der strukturellen Werte des Beschleunigungssensors wird auf Fig. 48 hingewiesen, aus welcher das notwendige Verhältnis zwischen Länge und Dicke des Halbleiter-Chips hervorgeht, um dasselbe Ausgangssignal bei 1 g bis 5 g Beschleunigung zu erhalten. Die Dicke des Chips wird durch die Begrenzungen bei der Herstellung bestimmt, wenn die Halbleiter in Scheiben geschnitten werden. Dazu ist zur Zeit erforderlich, daß sie dicker als 0,08 mm sind. Die ausgezogenen Linien in der Darstellung zeigen die Größe des Chips, um Ausgangssignale zwischen 1 g und 5 g Beschleunigung zu erhalten.

Es erweist sich als vorteilhaft, eine Verstärkerschaltung vorzusehen, da die Halbleiterelemente in Bereichen hergestellt werden, die oberhalb dem Punkt a der Kurve (1) bei 1 g Beschleunigung liegen und eine breitere Chip-Größe haben. Die Kurve (2) von 1 g bis 5 g Beschleunigung repräsentiert einen Fall, bei dem zusätzlich Gewichte vorgesehen sind. Es gibt Situationen, in denen es besser ist, ein Gewicht zusätzlich anzubringen, da es Bereiche gibt, bei welchen das Element nicht zusammen mit einer Verstärkerschaltung hergestellt werden kann, wie dies im Punkt b der Fall ist.

Jedoch für Fälle mit hohem g, wie z. B. für die Kurve (3) ohne Gewicht und eine Kurve (4) mit Gewicht ergibt sich lediglich eine Erhöhung der Kosten, wenn Gewichte angebracht werden, da die Größe durch die minimale Chip-Größe gemäß den Punkten c und d bestimmt ist.

Es sei bemerkt, daß die Anschlußflächen für das Ausgangssignal, wie vorausgehend beschrieben, in einer Reihe längs dem Sensor angebracht sind und zwar im Bereich der Halterung.

Die Halbleiteranordnung mit dem Beschleunigungssensor wird in der Weise hergestellt, daß aus dem Halbleitersubstrat scheibenweise Elemente ausgeschnitten werden, wobei an der Seite des Auslegers des Beschleunigungssensors in Richtung der Beschleunigungsermittlung die Elemente angebracht sind. Um zu verhindern, daß Elemente mit geringer Breite beim Zerschneiden in Scheiben vom Spülwasserdruck weggeschwemmt werden, wird das Halbleitersubstrat mit einem Klebeband hoher Adhäsion während des In-Scheiben-Schneidens festgehalten und anschließend die Klebekraft des Bandes durch Ultraviolett-Bestrahlung verringert, um die Elemente entfernen zu können.

Die Anbringung der elektrischen Schaltung auf der schmalen Seite des Halbleiterelementes wird im nachfolgenden erläutert. Die elektrische Schaltung kann in-

nerhalb des Elementes mit einer geringen Chip-Dicke derart angeordnet werden, daß MOS-Transistoren in zwei Reihen auf der Oberseite und der Unterseite derart ausgebildet werden, daß die w-Längsrichtung von Source und Drain symmetrisch zur Mittellinie des Sensors in der L-Längsrichtung im Sensorbereich angeordnet ist. Zur Verdrahtung werden Aluminiumdrähte vorgesehen, die die MOS-Transistoren der Schaltung miteinander verbinden. Es kann auch ein Aluminiumdraht elektrisch mit dem MOS-Transistor und einem Poly-Silikon-Widerstandsbereich verbunden sein, der außerhalb des MOS-Transistors und des Polysilizium-Transistorbereichs ausgebildet ist.

15

## 16. Ausführungsform

Bei der in Fig. 32 dargestellten Ausführungsform ist in einem Basiskörper 702 eine Membran 704 ausgebildet, welche sich und das Sensorelement 701 beim Einwirken einer Beschleunigungskraft verformt. Das Sensorelement 701 ist auf der Membran 704 angebracht und dient der Ermittlung einer Auslenkung durch die Veränderung des Widerstands der diffundierten Widerstände. An dem Sensorelement 701 ist eine Anschlußfläche zum Anschließen der Verdrahtung und zum Auskoppeln des elektrischen Ausgangssignals vorgesehen. Außerdem trägt das Sensorelement eine Temperaturkompensationsschaltung und eine Verstärkerschaltung. Das Ausgangssignal wird von dem Basiskörper 702 zum Anschlußkontakt 707 über eine Drahtleitung 709 innerhalb des Gehäuses übertragen.

In Fig. 33 ist in vergrößerter Ausführungsform das Sensorelement dargestellt, wobei man erkennen kann, daß die diffundierten Widerstände 708 an der Seitenfläche des Sensorelementes 701 angebracht sind, wogegen das Element selbst auf der Membran 704 oberhalb einer Referenzdruckkammer 703 angeordnet ist.

Aus den Fig. 37 bis 39 geht das Verfahren zur Herstellung des Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung hervor. Es zeigen Fig. 37 die Halbleiterelemente auf einem Halbleitersubstrat 710 mit den eindiffundierten Widerständen. Zunächst werden die Umrisse der Sensorelemente 701 durch eingekratzte Linien fixiert und dann längs dieser Linien 711 durch scheibenweises Zerteilen ausgeschnitten. Bei der in Fig. 37 angedeuteten Ausführungsform haben die Sensorelemente eine Länge von 6 mm und eine Dicke von 0,1 mm. Die einzelnen ausgeschnittenen Sensorelemente sind in Fig. 37B in vergrößerter Darstellung perspektivisch gezeigt. Mit diesem Herstellungsverfahren wird die Dicke  $t$  gemäß Fig. 45 des Elementes bestimmt. Ein danach hergestelltes Sensorelement ist in Fig. 38 angedeutet. Die Breite dieses Elementes beträgt etwa 0,525 mm, welches der Dicke des Halbleitersubstrats entspricht. Durch das Zerschneiden in Scheiben erhält man sehr leicht die gewünschten Elemente in der gewünschten Dicke von 0,1 mm.

Aus Fig. 39 geht hervor, wie das Sensorelement 701 auf dem Basiskörper 702 befestigt ist. Die Befestigung erfolgt mit einem Silikonkleber, um den thermischen Expansionskoeffizient des Basiskörpers 702 im Verbindungsbereich auszugleichen. Dadurch ist es möglich, einen Drucksensor zu schaffen, der von thermischen Spannungen nicht beeinträchtigt ist.

Entsprechend der Darstellung gemäß Fig. 36 ist an der Seitenfläche des Sensorelementes 701 eine Brückenschaltung 714 angebracht, die aus den diffundierten Widerständen 781, 782, 783 und 784 sowie einem Massean-

schluß 751, einem Ausgangssignalanschluß 752 und 753 sowie einem Eingangssignalanschluß 754 gebildet ist. Unter dem Sensorelement 701 liegt die Membran 704, mit welcher das Element verbunden ist. Wenn das Sensorelement eine Verformung erfährt und dadurch eine Zugspannung bzw. eine Druckspannung am oberen und unteren Ende des Sensorelementes 701 wirksam wird, stellt die Brückenschaltung 714 aus den diffundierten Widerständen die Differenz dieser Druck- und Zugspannung fest und überträgt ein entsprechendes Ausgangssignal zu den ausgangsseitigen Anschlußflächen 752 und 753.

Der Vorteil der Verwendung diffundierter Widerstände 781 bis 784 in der Seitenfläche des Sensorelementes wird nachfolgend erläutert. Wenn, wie beim Stand der Technik, die diffundierten Widerstände auf einer Ebene angebracht werden, findet eine Brückenschaltung mit einem Referenzwiderstand  $R$  und einem Meßwiderstand  $R_1$  Verwendung. Wenn  $R_2 = R$  ist, kann  $R_1$  durch  $R + \Delta R$  repräsentiert werden. Die ausgangsseitige Spannung  $V$  wird dann durch die nachfolgenden Gleichungen repräsentiert:

$$V_1 = (R/2R + \Delta R)V \quad (5)$$

$$V_2 = (R + \Delta R/2R + \Delta R)V \quad (6)$$

$$V = V_2 - V_1 = (\Delta R/2R + \Delta R)V \quad (7)$$

Bei der Schaltung gemäß der Erfindung hat  $R_1$  einen Widerstandswert, der sich aus der Druckspannung  $R + \Delta R$  und  $R_2$  einen Widerstandswert, der sich aus der Zugspannung  $R - \Delta R$  ergibt. Die Ausgangsspannung  $V$  ergibt sich dann aus folgenden Gleichungen:

$$V_1 = (R - \Delta R/2R)V \quad (8)$$

$$V_2 = (R + \Delta R/2R)V \quad (9)$$

$$V = V_2 - V_1 = (\Delta R/R)V \quad (10)$$

In dieser Gleichung kann  $\Delta R$  vernachlässigt werden, da sein Wert sehr klein ist. Damit ergibt sich für die Schaltung gemäß der Erfindung, daß das Ausgangssignal im Vergleich zum Stand der Technik um den Faktor 2 größer ist.

Ein beispielsweiser Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung hat eine Länge von 6 mm, eine Breite von 0,525 mm und eine Dicke von 0,1 mm. Wenn an dem Sensor eine Spannung von 5 V anliegt, ergibt sich eine Ausgangsspannung von 1,4 mV. Dabei findet keine Verstärkung der Ausgangsspannung statt.

### 17. Ausführungsform

In den Fig. 40 bis 42 wird eine Ausführungsform dargestellt, bei der nur die Enden des Sensorelementes 701 fixiert sind. Das Sensorelement 701 ist an dem Basiskörper 702 nur in dem Bereich befestigt, in dem es der Membran 704 nicht gegenüberliegt. Für den Fall, daß der Außendruck und der Druck in der Referenzkammer 703 im Gleichgewicht steht, nimmt das Sensorelement die in Fig. 40 dargestellte Form an. In Fig. 41 ist eine Anwendung dargestellt, bei der der Umgebungsdruck größer als der Referenzdruck ist. Obwohl sich dabei die Membran 704 verformt, bleibt das Sensorelement 701 auf den äußeren Kanten liegen und stellt keine Verformung aufgrund dieses Druckes fest. Wenn dagegen der

Umgebungsdruck geringer als der Druck in der Referenzkammer ist, werden die Membran 704 und das Sensorelement 701 in der in Fig. 42 gezeigten Weise nach oben ausgelenkt. Deshalb kann auch nur ein Druck festgestellt werden, wenn der Außendruck geringer als der Druck in der Referenzkammer ist.

Für eine Ausführungsform, bei der gemäß Fig. 42B nur eine Kante des Sensorelementes mit dem Basiskörper verbunden ist und dieses Sensorelement nur die Hälfte der Membran 704 überdeckt, erfährt das Sensorelement, wie in Fig. 41B dargestellt, keine Verformung, wenn der Außendruck höher als der Druck in der Referenzkammer ist. Herrscht dagegen in der Referenzkammer ein höherer Druck wie im Außenbereich, dann wird gemäß Fig. 42B das Sensorelement 701 verformt und gibt entsprechend ein Ausgangssignal ab. Mit derartigen Sensorelementen kann ein Signal nur dann ermittelt werden, wenn der Außendruck niedriger als der Druck in der Referenzkammer ist.

Um die Empfindlichkeit zu verbessern, wird bei einem Herstellungsverfahren gemäß Fig. 37 das Sensorelement 701 durch Polieren nach der Montage auf dem Siliziumbasiskörper in der Dicke reduziert. Mit abnehmender Dicke erhöht sich damit die Empfindlichkeit des Sensorelementes.

### 18. Ausführungsform

Fig. 43 zeigt eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. In der vergrößerten Darstellung gemäß Fig. 44 ist der Sensorbereich dargestellt. Der Basiskörper 716 hat über der Druckkammer 703 eine Öffnung, in welche das Sensorelement 715 eingesetzt ist. Bei dieser Ausführungsform ist in dem Basiskörper 716 keine Membran durch Ätzen anzubringen, wodurch sich das Fertigungsverfahren vereinfacht und eine bessere Ausbeute erzielbar ist.

### 19. Ausführungsform

In den Fig. 49 und 50 sind Beispiele des Verlaufs der Ausgangsspannung pro Winkelabweichung des Beschleunigungssensors dargestellt, wobei Fig. 49 die Ausgangsspannung zeigt, wenn ein kissenförmiges Sensorelement Verwendung findet und Fig. 50 den Verlauf der Ausgangsspannung darstellt, wenn ein Sensorelement mit durch Ätzen hergestellter Membran Verwendung findet. Die Linien in den Diagrammen repräsentieren das Verhältnis der Breite und Dicke des Elementes ( $W/H = 1/2, 1/3$ ). Da sich der geätzte Bereich beim Aufbau nach dem Stand der Technik verdrehen kann, ergibt sich eine Änderung des Widerstandes auch aus der Verdrehung, wodurch sich die Ausgangsspannung entsprechend ändert. Infolgedessen nähern sich die Linien im Bereich des Nullpunktes sehr viel weniger an diesen an. Aus diesem Grund muß zum Entfernen der strukturbedingten Rauschkomponenten eine zusätzliche elektrische Unterdrückungsschaltung vorgesehen werden, die dieses Rauschen beseitigt.

In Fig. 51 ist das Verhältnis von Breite und Höhe der Kissenstruktur gezeigt, bei der ein Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung Verwendung findet. Die horizontale Achse repräsentiert das Verhältnis von Breite zu Dicke, wogegen auf der vertikalen Achse der Rauschpegel aufgetragen ist. Für 1 g, wenn das Verhältnis von Breite und Dicke des Chips kleiner 6 ist, kann das Element sehr wohl benutzt werden, da der Rauschpegel klein ist. Für 20 g erhält man einen Sensor mit einer

besseren Genauigkeit, da er keiner Beeinträchtigung durch Verdrehen unterliegt, wenn das Verhältnis von Breite zu Dicke kleiner 2 ist.

Im nachfolgenden wird ein biaxialer Sensor erläutert. Wenn die Breite des säulenförmigen Beschleunigungssensors (rechtwinkliges Parallelepipedon) verringert wird, ergibt sich eine Widerstandsänderung aufgrund der Verformung auch der Seite mit den diffundierten Widerständen. Der biaxiale Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung wendet dieses Prinzip an, was nachfolgend anhand der Fig. 52 bis 55 erläutert wird.

Wenn die diffundierten Widerstände auf der Seite des Beschleunigungssensor angebracht werden, ergibt sich das doppelte Ausgangssignal bezogen auf gleichartige Sensoren gemäß dem Stand der Technik. Wenn jedoch ein biaxialer Sensor Verwendung findet, bei dem die Breite des Stabes des Beschleunigungssensors (rechtwinkliges Parallelepipedon) entsprechend reduziert wird, wird das Ausgangssignal der diffundierten Widerstände gemäß Fig. 53 der Brückenschaltung gemäß Fig. 54 verhältnismäßig klein. Um einen Beschleunigungssensor mit höherer Empfindlichkeit als der des biaxialen Sensors zu erreichen, werden die diffundierten Widerstände R1 und R4 gemäß Fig. 56 als Referenzwiderstände angenommen. In Fig. 52 sind Beispiele der Ausgangssignale dargestellt, wobei 01 den Verlauf des Ausgangssignals für eine Beschleunigungsfeststellung in einer Richtung und 02 das Ausgangssignal von den diffundierten Widerständen an der Seite repräsentieren. Ein Unterschied bezüglich der Form der Ausgangssignale 01 und 02 ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Verformung, welche an den diffundierten Widerständen auftritt. Den biaxialen Beschleunigungssensor erhält man durch Abstimmung der ausgangsseitigen Empfindlichkeiten bei der Achsen durch entsprechende Einstellung des Unterschieds der verschiedenen Auslenkungen. Obwohl die Abstimmung der ausgangsseitigen Empfindlichkeit mit Hilfe der Trimmvorrichtungen gemäß der Erfindung erfolgen kann, ist es auch möglich, dasselbe Ziel durch Einstellung des Verhältnisses der Breite zur Dicke des Chips zu erreichen. In Fig. 52 sind gestrichelte Kurven 01' und 02' dargestellt nach einer solchen Abstimmung. Da sich im Ergebnis gleiche Ausgangssignale für beide Achsen bei gleicher Auslenkung ergeben, kann der Sensor als biaxialer Sensor benutzt werden.

## 21. Ausführungsform

Nachfolgend wird das Herstellungsverfahren des Halbleiter-Beschleunigungssensors erläutert. Die elektrische Schaltung einschließlich der Verstärkerschaltung ergibt sich aus Fig. 56, welche eine Brückenschaltung 2002 zeigt. Der Widerstandswert der Piezowiderstände ändert sich in Abhängigkeit von der Spannung, die sich aus der Beschleunigung ergibt, wobei die Brückenschaltung diese Änderung in Form einer Spannungsänderung anzeigt. Die Differenzspannungen des Sensors werden mit Hilfe eines Differenzverstärkers 2001 in eine unsymmetrische Ausgangsspannung umgewandelt. In dieser Schaltung sind drei CMOS-Operationsverstärker angeordnet. Die Differenzverstärker enthalten ferner Trimmstaltungen, um die Empfindlichkeit einzustellen und über einen Puffer den Offset abzustimmen. Als Beispiel wurde ein Sensor mit einer Länge von 12 mm einschließlich der Halterung und einer Breite von 0,16 mm einschließlich der Verstärkerschaltung benutzt.

Es ist möglich, das S/N-Verhältnis zu verbessern, in-

dem zwei komplette Differentialverstärker mit unsymmetrischen Ausgängen und ein Zerhackerverstärker Verwendung findet.

In Fig. 57 ist eine Seitenansicht für die Auslegung der elektrischen Schaltung des Beschleunigungssensors gemäß der Erfindung dargestellt. An dem Sensorelement sind Anschlußflächen 2004 angebracht, die elektrisch mit einer Brückenschaltung aus Piezowiderständen 2002 und einem Operationsverstärkerbereich 2001 sowie einer Vorspannungsschaltung verbunden sind. Im wesentlichen entspricht der Aufbau dem bereits beschriebenen Aufbau an der Seite eines Sensorelements mit geringer Dicke. Dabei kann die Schaltung derart aufgebaut sein, daß MOS-Transistoren in zwei Reihen zwischen der Ober- und Unterseite so angebracht sind, daß die w-Längsrichtung der Source und Drain der MOS-Transistoren symmetrisch beiderseits der Mittellinie in der L-Richtung des Sensors verläuft. Zum Verdrahten finden Aluminiumdrähte in herkömmlicher Weise Verwendung, mit welchen die MOS-Transistoren innerhalb der Schaltung verbunden sind. Die Aluminiumverdrahtung kann auch die MOS-Transistoren und einen Widerstand aus einem Polysiliziumbereich verbinden, wenn dieser außerhalb der Transistoranordnung vorgesehen ist.

## 22. Ausführungsform

Die in Fig. 58 dargestellte Ausführungsform eines Beschleunigungssensors ist in Fig. 59 perspektivisch gezeigt, wobei Fig. 59B die diffundierten Widerstände an der Seite des Sensorelements erkennen läßt.

Der Aufbau gemäß Fig. 58 besteht aus einem dünnen Sensorelement 801 aus Siliziummaterial, in dem die diffundierten Widerstände 805 zur Ermittlung der Druck- bzw. Zugbeanspruchung infolge einer Auslenkung angebracht sind. Ein oberer Anschlag 803 und ein unterer Anschlag 804 verhindern die Zerstörung des Sensors durch exzessive Beschleunigung und sind beiderseits des Sensorelements 801 angeordnet. Neben den diffundierten Widerständen 805 sind Anschlußflächen 806 vorgesehen, über die die Ausgangssignalwerte abgegriffen werden und die mit einer Temperaturkompensationsschaltung und einer Verstärkerschaltung verdrahtet sind, welche ebenfalls auf der Seite des Sensorelements 801 angebracht sind. Die Ausgangssignalwerte werden über Drahtleitungen 807 abgegriffen, die an die Anschlußflächen 806 des Sensorelements 801 angeschlossen sind.

Die Oberfläche der Anschläge, die mit dem Siliziumsensorkörper zusammenarbeiten, sind mit einem gekrümmten Verlauf hergestellt, damit sie mit der Auslenkungskurve konform zusammenarbeiten. Dabei ist der gekrümmte Verlauf des oberen und unteren Anschlags gleich.

Die Kontaktanschlüsse an dem Sensorelement und den Anschlägen sind im Bereich der einen unterhalb der diffundierten Widerstände gemäß Fig. 58 liegenden Kante der Ausnehmung 808 angebracht. Der maximale Spalt zwischen dem Siliziumsensorelement und den Anschlägen ist derart gestaltet, daß die zu ermittelnde Beschleunigung innerhalb der Entfernung festgestellt werden kann, die mehr oder weniger der Auslenkung des Sensorelements für eine spezielle zu ermittelnde Beschleunigung entspricht.

Zur Erläuterung, wie eine Beschädigung des Beschleunigungssensors verhindert werden kann, wird anhand der Fig. 64 bis 66 gegeben. Gemäß Fig. 64 ist das

Sensorelement 801 durch eine Beschleunigungsbewegung nach oben ausgelenkt und legt sich entlang der gekrümmten Oberfläche am oberen Anschlag 803 an. In Fig. 65 ist der beschleunigungsfreie Zustand gezeigt, wogegen Fig. 66 einen Beschleunigungszustand zeigt, bei dem das Sensorelement 801 nach unten ausgelenkt ist und sich entlang der inneren Oberfläche des unteren Anschlags 804 anlegt.

Die Stoßfestigkeit eines solchen Beschleunigungssensors wurde anhand eines Beispiels ermittelt, bei dem der Beschleunigungssensor eine Länge von 8 mm, eine Breite von 1 mm und eine Dicke von 0,6 mm hat. Im Bereich des diffundierten Widerstandes beträgt die Dicke 80  $\mu\text{m}$ . Wenn ein derart aufgebauter Sensor einen Stoß mit 100 g erhält, erfährt das freie Ende des Sensorelements die maximale Auslenkung von 12  $\mu\text{m}$ . Da der beispielweise Sensor zur Ermittlung der Schwerkraft Verwendung findet, ist er definitionsgemäß nur für die Feststellung einer Beschleunigung von etwa 1 g vorgesehen. Dabei beträgt die Auslenkung weniger als 1  $\mu\text{m}$ . Obwohl also ein Spalt von 2  $\mu\text{m}$  zwischen dem freien Ende des Basiskörpers und dem Anschlag ausreichen würde, wurde ein Spalt von 10  $\mu\text{m}$  vorgesehen, da der Sensor trotz dieses größeren Spaltes nicht beschädigt wird und seine Herstellung wesentlich vereinfacht ist. Der Oberflächenverlauf des Anschlags ist derart gestaltet, daß er sich der Kurvenform anpaßt, die sich aufgrund der Krümmungskurve des Sensorelements ergibt.

Die Materialien, um die Anschlüsse 803 und 804 mit dem Sensorelement 801 zu verbinden, sind vorzugsweise Adhäsionskleber, die die thermische Expansionskoeffizienten der Anschlüsse und des Sensorelements aneinander angleichen. Damit kann der Einfluß temperaturabhängiger Spannungen auf die diffundierten Widerstände und der Effekt einer Temperaturdrift verhindert werden.

Ein Ausmessen des Beschleunigungssensors gemäß der Erfahrung ergab, daß selbst ein Beschleunigungstoß in der Größenordnung von 3,000 g nicht in der Lage ist, den Sensor zu beschädigen.

### 23. Ausführungsform

In Fig. 67 ist eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des Beschleunigungssensors dargestellt, der für den aktiven Bereich der Ausführungsform gemäß den Fig. 64 bis 66 entspricht. Für das Sensorelement findet Silizium Verwendung, das eine hohe Federkraft hat und gute Federeigenschaften zeigt. Wenn ein Ausschnitt an der Unterseite des Auslegers angebracht ist und die diffundierten Widerstände an der oberen Seite vorgesehen werden, kann eine Auslenkung nach unten verhältnismäßig groß sein, obwohl eine Auslenkung nach oben klein ist. Ein an der Oberseite angebrachter Anschlag liegt über den diffundierten Widerständen und dient dazu, den strukturellen Aufbau wesentlich zu verbessern und die Stoßfestigkeit zu erhöhen. Durch diesen Aufbau lassen sich die Herstellungskosten stark verringern.

### 24. Ausführungsform

In Fig. 68 ist eine abgewandelte Ausführungsform gemäß Fig. 67 dargestellt, bei der die diffundierten Widerstände zur Ermittlung der Auslenkung auf der Seite des Sensorelements 801 angebracht sind. Bei einer solchen Ausführungsform ist es möglich, die thermische Belastung wesentlich zu verringern, welche sich im Bereich

der diffundierten Widerstände infolge des darüberliegenden Anschlags und der Temperaturdrift einstellt. Bei dieser Ausführungsform mit den diffundierten Widerständen an der Seitenfläche sind Kontaktpunkte des Anschlags, um Beschädigungen zu vermeiden und die Kontaktpunkte des Basiskörpers im Bereich neben den diffundierten Widerständen vorgesehen.

Ein ausgedünnter Bereich für die diffundierten Widerstände, wie bei der Ausführungsform gemäß Fig. 58 und 67, wird nicht benötigt. Gleichzeitig wird jedoch die Stoßfestigkeit weiter verbessert. Diese Stoßfestigkeit ergab bei einem ausgeführten Sensor mit 8 mm Länge, 1 mm Breite und 0,2 mm Dicke eine Größe von 4,000 g.

15

### 25. Ausführungsform

In Fig. 69 ist eine Ausführungsform der Erfahrung dargestellt, wobei Fig. 69A eine Seitenansicht und Fig. 69B eine Draufsicht zeigt.

20 In dem Siliziumsensorelement ist ein ausgedünnter Bereich vorgesehen, an dem diffundierte Widerstände 1003 angebracht sind, die ein von der Auslenkung abhängiges elektrisches Ausgangssignal liefern. Der in Form eines Auslegers aufgebauten Beschleunigungssensor 1001 ist so ausgelegt, daß die Seite mit den diffundierten Widerständen auf eine Leiterplatte 1005 ausgerichtet ist. Löthöcker 1006 sind in einem Teil 1002 im Bereich der Abschüttstützung ausgebildet, welche als Halterung und als Anschlußflächen für die elektrischen 25 Ausgangssignale dienen, wobei diese Löthöcker geeignet sind, in einfacher Weise den Sensor beim Installieren des Sensorelementes 1001 auf der Leiterplatte 1005 zu befestigen.

30 Das Herstellungsverfahren wird anhand der Fig. 71 erläutert. Die Teilverfahren 71A bis 71C sind Seitenansichten, wogegen die Teilverfahren Fig. 71D bis 71E Draufsichten darstellen.

35 Zunächst wird die Leiterplatte 1005 mit den Leitungen zu den Kontaktanschlüssen am Gehäuse hergestellt. 40 Dabei werden die Leiter in Form von Goldauflagen 1011 auf einer Glasschicht angebracht. Dazu wird eine Chromschicht von etwa 1000 Angström und darüber eine Goldschicht von etwa 1000 Angström durch Spritzen auf der Glasschicht niedergeschlagen. Die Anschlußflächen für die Anschlüsse 1012, die Leiterbahnen 45 1011 und das Sensorelement 1001 werden innerhalb des Verdrahtungsmusters angebracht.

40 Das Sensorelement 1001 wird derart hergestellt, daß zunächst die diffundierten Widerstände mit Hilfe einer Ionen-Implantation oder dergleichen und anschließend die Verdrahtung und das Anbringen isolierender Schichten erfolgt. Ferner werden die Verstärkerschaltung und die Temperaturkompensationsschaltung als notwendige Bestandteile vorgesehen. Um die Abstützung 55 1002, welche auf der Leiterplatte 1005 und am Sensorelement 1001 selbst angebracht ist, vorzusehen, werden Lötpunkte aufgebracht und die Abstützung am Element selbst ausgebildet. Das Sensorelement 1001 wird auf der Leiterplatte 1005 ebenfalls über Lötpunkte 60 befestigt. Da innerhalb der Leiterplatte Goldbahnen für die Verdrahtung Verwendung finden, lassen sich das Sensorelement 1001 und die Leiterplatte 1005 sehr leicht miteinander verbinden, indem die Bearbeitungstemperatur auf etwa 200°C erhöht wird.

65 Das beschriebene Verfahren ermöglicht eine genaue Selbstausrichtung. Da der Abstand zwischen dem Sensorelement 1001 und der Leiterplatte 1005 eingehalten werden muß, wird eine Kupferschablone benutzt, wel-

che bei der Herstellung der Lötpunkte ausgebildet wird. Die Dicke dieser Kupferschablone dient zur Einstellung des Spaltes zwischen dem Sensorelement 1001 und der Leiterplatte 1005. Da die Kupferschablone durch Platten erstellt wird, kann die Spaltbreite mit Mikro-Toleranzen erstellt werden.

Mit dem erläuterten Ausführungsbeispiel war es möglich, einen Beschleunigungssensor herzustellen, mit dem Beschleunigungen mit einer Genauigkeit von 1 g festgestellt werden können. Da die maximale Auslenkung kleiner als  $10 \mu$  ist, wurde die Kupferschablone mit einer Dicke von  $10 \mu$  plattierte. Die Lötpunkte 1014 wurden flüssig bei etwa  $200^\circ\text{C}$ , womit das Sensorelement 1001 mit der Leiterplatte 1005 verlötet wurde. Das Lötmittel fließt über das aus Gold bestehende Leitungsmuster, wobei der Abstand durch das stehendbleibende Kupfer fixiert ist. Der auf der Leiterplatte fertiggestellte Beschleunigungssensor wird im Gehäuse 1010 montiert, wobei die Anschlußstifte 1007 über freie Verbindungsdrähte 1013 mit den zugehörigen Anschlußflächen verbunden werden. Nachdem das Gehäuse mit einem Hut verschlossen ist, ist der Beschleunigungssensor fertiggestellt.

Der Beschleunigungssensor gemäß der Erfindung erwies sich als besonders stoßfest und zeigte bei Stoßbelastungen bis 4000 g keinerlei Beeinträchtigungen.

## 26. Ausführungsform

Die Verwendung der Lötpunkte 1006 als Halterung für das Sensorelement 1001 wurde bereits in Verbindung mit der vorstehenden erläuterten Ausführungsform beschrieben. Bei der hier beschriebenen Ausführungsform werden die Lötpunkte an der Leiterplatte 1005 angebracht und anschließend das Sensorelement 1001 mit diesen fixiert. Diese Maßnahme wird anhand der Fig. 73 beschrieben.

In einem ersten Schritt wird auf einem Glassubstrat eine Chromschicht über die gesamte Oberfläche aufgebracht. Darüber wird ein Kupferfilm gelegt und die Leiterbahnen mit einem bekannten lithographischen Verfahren hergestellt. Im nächsten Schritt werden Halterungen 1002 für die Fixierung des Sensorelementes 1001 und Lötpunkte an den Anschlußflächen für die elektrischen Leitungen des Sensorelementes angebracht. Mit diesen Verfahrensschritten wird die Leiterplatte 5 hergestellt. In der vergrößerten Darstellung gemäß Fig. 74 sind die Halterung 1002 und die Anschlußflächen gezeigt, wie sie mit den Lötpunkten hergestellt werden.

Da die diffundierten Widerstände 1003 und die Verstärkerschaltung im voraus mit einem herkömmlichen Halbleiterverfahren an dem Beschleunigungssensor 1001 bereits angebracht sind, wird die Ausnehmung zum Verdünnen des Sensorelementes mit einem Ätzverfahren hergestellt. In einem dritten Verfahrensschritt wird die Leiterplatte 1005 mit dem Sensorelement 1001 verbunden, was anhand der Fig. 74 und 75 erläutert wird. Damit wird das Sensorelement 1001 auf der Leiterplatte 1005 positioniert, wie dies aus Fig. 75 hervorgeht. Wenn der Aufbau auf eine Temperatur von etwa  $200^\circ\text{C}$  erhitzt wird, fängt das Lötmittel 1014 an zu fließen und verteilt sich auf dem metallischen Muster des Sensorelementes. Dadurch positioniert sich dieses selbsttätig und wird fixiert. Der auf diese Weise mit der Leiterplatte ausgestattete Beschleunigungssensor wird in einem Gehäuse 1010 untergebracht, wobei die Anschlußflächen 1013 auf der Leiterplatte 1005 mit den Anschlußstiften 1007 verbunden und das Gehäuse dicht mit einem Gehäuse-

deckel verschlossen wird.

## 27. Ausführungsform

5 Bei dieser Ausführungsform wird eine Dickfilm-Photoschicht 1016 benutzt, um die Halterung für das Sensorelement zu schaffen. Das Verfahren wird anhand der Fig. 76 erläutert und beginnt mit der Herstellung der Leiterbahnen auf einem Substrat, z. B. in Form einer Glasschicht, wobei die Leiterbahnen aus Aluminium hergestellt sein können. Die Aufbringung der Leiterbahnen erfolgt auf dem Substrat 1005 mit einem herkömmlichen Lithographieverfahren. Daran anschließend wird die Dickfilm-Photoschicht 1016 im Schleuderverfahren aufgebracht.

Zu diesem Zeitpunkt ist es notwendig, dafür zu sorgen, daß die Dickfilm-Photoschicht eine gleichmäßige Dicke hat, damit die gewünschte stoßfeste Struktur erhalten wird. Im nächsten Verfahrensschritt wird die Halterung für das Sensorelement hergestellt. Daran schließt in einem weiteren Verfahrensschritt die Fixierung des Sensorelementes 1001 an. Schließlich erfolgt in der bereits beschriebenen Weise die Herstellung der Verbindung zu den Anschlußflächen. Der auf diese Weise mit Hilfe einer Dickfilm-Photoschicht 1016 leicht herzustellende Beschleunigungssensor hat eine Stoßfestigkeit von bis zu 4,000 g, ohne daß Beeinträchtigungen festgestellt werden konnten.

## 28. Ausführungsform

Bei dieser Ausführungsform werden die diffundierten Widerstände derart angebracht, daß sie auf das Substrat hin ausgerichtet sind. Zu diesem Zweck werden, wie bereits erläutert, Lötpunkte im Bereich der Halterung 1002 ausgebildet, womit die Halterung einerseits und die elektrischen Anschlußverbindungen andererseits für den Beschleunigungssensor 1001 hergestellt sind. Daran anschließend wird der Beschleunigungssensor fertiggestellt, indem das Sensorelement in bereits beschriebener Weise auf der Leiterplatte befestigt wird.

## 29. Ausführungsform

Anhand dieser Ausführungsform wird das Verfahren beschrieben, um Gewichte an dem Beschleunigungssensor anzubringen. Im Gegensatz zu dem herkömmlichen Verfahren, Metallstücke am vorderen Ende des Sensorelementes mit Hilfe von Klebern anzubringen, sieht die Erfindung vor, das vordere Ende des Sensorelementes in eine Schmelze 1102 zu tauchen, wobei das Sensorelement 1001 mit Hilfe eines Spannkopfes 1103 gemäß Fig. 77 gehalten wird. Dieses Verfahren ermöglicht ein rasches Anbringen eines homogenen Gewichtes 1104. In Fig. 78A ist eine Ausschnittsvergrößerung der Fig. 77 dargestellt, wogegen in Fig. 78B eine Form 1106 Verwendung findet, um dem Gewicht 1104 eine vorbestimmte Form und Größe zu geben. Zu diesem Zweck wird in die Form 1106 die flüssige Schmelze 1102 gegeben und das Sensorelement 1101 eingetaucht, so daß nach dem Verfestigen der Schmelze das herausgezogene Element mit dem gewünschten Gewicht versehen ist.

Mit diesem Verfahren können in vorteilhafter Weise die Eigenschaften des Materials, sich beim Verfestigen zusammenzuziehen, dazu benutzt werden, um eine Zerstörung des Sensors im Betrieb zu verhindern. Wenn eine Gehäuseform 1105 gemäß Fig. 79 Verwendung findet, um den Teil, der das Gewicht 1104 werden soll, zu

einer Schmelze 1102 zu verflüssigen, ergibt sich, daß beim Aushärten der Schmelze sich diese zusammenzieht und zwischen dem Gewicht und dem Gehäuse ein Spalt entsteht. Dieser Spalt ist groß genug, um dem Beschleunigungssensor 1101 genügend Auslenkung zu erlauben, wenn die gewünschte Beschleunigungsmessung vorgenommen wird. Jedoch gleichzeitig stellt der Block auch eine Begrenzung gegen eine überschüssigen Auslenkung dar, wenn das Gehäuse 1105 mit einer zu großen Stoßbelastung beaufschlagt wird.

Umwandlung der mechanischen Verformung in elektrische Signale und eine Detektorschaltung für das Sensorelement bestehend aus einer Brückenschaltung, wobei die diffundierten Widerstände in Positionen angeordnet sind, die senkrecht zur Membran verlaufen. Dadurch ergeben sich für den Drucksensor folgende Wirkungen:

1. Eine Vielzahl von Drucksensoren können aus einem einzigen Halbleitersubstrat hergestellt werden, wodurch sich geringe Kosten ergeben.
2. Da der Sensor diffundierte Widerstandsbereiche und eine Druckreferenzkammer hat, die separat herstellbar sind werden das Herstellungsverfahren vereinfacht und die Kosten der Herstellung reduziert.
3. Da sowohl eine Druck- als auch eine Zugspannung gleichzeitig feststellbar sind, ergibt sich eine sehr gute hohe Empfindlichkeit für den Sensor.

### 30. Ausführungsform

Im nachfolgenden Beispiel ist ein Beschleunigungssensor mit einem Computer-Chip 1201 verbunden. Diese Ausführungsform ist in Fig. 80 dargestellt. Bei dieser Ausführungsform ist ein herkömmlicher Computer-Chip 1201 auf der einen Seite mit einem vom Chip abgeschnittenen Streifen versehen, der mit dem einen Ende am Computer-Chip hängt. Auf diese Weise läßt sich ein Beschleunigungssensor 1202 schaffen, der wie ein zuvor beschriebener Ausleger als Sensorelement wirksam ist. Ein E<sup>2</sup>PROM oder ein EPROM mit einer automatischen Trimmfunktion wird auf dem Computer-Chip 1201 verwendet. Diese Ausführungsform ermöglicht die leichte Herstellung von Beschleunigungssensoren mit integriertem Computer-Chip.

Die zuvor beschriebenen Ausführungsformen sind durch folgende Effekte gekennzeichnet:

1. Da sowohl die Vorder- als auch die Rückseite des Halbleiter-Beschleunigungssensors mit eindiffundierten Widerstandsbereichen flach sind und keine ausgedünnten Widerstandsbereiche haben, ist ein derartiger Sensor sehr leicht herzustellen. Trotzdem hat er eine hohe Stoßfestigkeit.
2. Da die Dicke von der Dicke des Halbleitersubstrats abhängig ist, ergeben sich nur geringe Dickenabweichungen, so daß auch die Abweichungen des Ausgangssignals für die einzelnen daraus gewonnenen Sensoren innerhalb enger Toleranzbereiche liegen.
3. Es ist möglich, eine Endjustage von außen durchzuführen.
4. Die Sensoren können mit hoher Genauigkeit hergestellt und zur Verfügung gestellt werden.
5. Da aus einem Halbleitersubstrat viele Beschleunigungssensoren herstellbar sind, ergeben sich geringe Kosten.
6. Da die diffundierten Widerstandsbereiche keine Ausdünnung erfordern, sind kürzere Herstellungszeiten möglich und damit eine bessere und preiswerte Ausbeute.
7. Da sowohl Druck- als auch Zugspannungen gleichzeitig abgreifbar sind, ergeben sich sehr genau arbeitende Sensoren.
8. Axiale Beschleunigungssensoren kann man dadurch erhalten, daß die Dicke und die Breite des Chip aufeinander abgestimmt werden.

Ein Halbleiter-Drucksensor umfaßt einen Basiskörper mit einem Hohlraumbereich und einer einseitig ausgebildeten Membran, einer Halterung, um eine luftdichte Kammer innerhalb des Basiskörpers auszubilden, Ausgabeeinrichtungen für elektrische Signale, um vom Sensorelement solche abzuleiten, im Bereich der Membran angeordnete diffundierte Widerstände, um die Verformung der Membran zu erfassen, Maßnahmen zur

Bei der besonderen Ausführungsform des Beschleunigungssensors mit Anschlägen sind diese derart angeordnet, daß die Auslenkung eines Auslegers als Sensorelement begrenzt wird. Dabei hat der Anschlag eine Oberflächenform, die sich der Verformung des Beschleunigungssensor anpaßt, was folgende Vorteile hat:

Durch den Anschlag wird eine Zerstörung bei übermäßiger Stoßbeanspruchung vermieden, da sich die Oberfläche des Sensorelementes an die Anschlagoberfläche anlegt. Dadurch ergibt sich eine hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Es ist kein Dämpfungsmittel oder kein Puffer in Form von Silikonöl notwendig, wodurch die Herstellungskosten erheblich reduziert werden.

Durch die Fixierung des als Sensorelement wirkenden Auslegers an der Halterung ist es möglich, den diffundierten Widerstand auf der Seite der Halterung vorzusehen. Damit ist ebenfalls eine Verringerung der Kosten und eine Verbesserung der Stoßfestigkeit zu erreichen. Ferner lassen sich die gegen das Substrat gerichteten diffundierten Widerstandsbereiche leichter kontaktieren, wobei die Leiterplatte sowohl eine Halte- als auch Verdrahtungsfunktion hat und damit die elektrischen Signale leicht abgreifbar sind.

### Patentansprüche

1. Halbleiter-Beschleunigungssensor, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement (1; 501; 801; 1001) eine rechteckige Säulenform (rechteckiges Parallelepipedon) hat und als Ausleger auf einer Halterung (2; 16; 502; 804) befestigt ist.
2. Halbleiter-Beschleunigungssensor, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement eben rechteckformig ausgebildet ist und eine singuläre Dicke hat und daß das Sensorelement als Ausleger auf einer Halterung angebracht ist.
3. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Spannungsdetektor diffundierte Widerstände (505; 805) vorgesehen sind, die sich über die gesamte Dicke des Auslegers erstrecken.
4. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausleger mit der Halterung mit Hilfe eines Polymermaterials verbunden ist.
5. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, da-

durch gekennzeichnet, daß der Ausleger mit der Halterung mittels metallischem Material verbunden ist.

6. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausleger mit der Halterung mechanisch verbunden ist. 5

7. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausleger und die Halterung mittels eines anodischen Materials verbunden sind. 10

8. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausleger mit einer elektrischen Schaltung aus CMOS-Elementen versehen ist.

9. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausleger eine Temperaturkompensationsschaltung angebracht ist. 15

10. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorschaltung am Ausleger mit einer Verstärkerschaltung versehen ist. 20

11. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausleger Widerstände zur Einstellung der Ausgangsspannung angebracht sind. 25

12. Beschleunigungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausleger mit Gewichten (506; 1104) versehen ist.

13. Beschleunigungssensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände als Trimmwiderstände (9) ausgebildet sind. 30

14. Beschleunigungssensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Gewichte als Trimmgewichte ausgebildet sind.

15. Beschleunigungssensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleiter-Sensorelement (1) mit der Halterung (2) verbunden ist und daß der mit der Halterung verbundene Sensor mit einer Glasabdeckung (10) verschlossen ist. 35

16. Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung mit dem Gehäusesockel (13) verbunden wird, daß der Gehäusesockel mit einer Glasabdeckung verbunden wird und daß durch die Glasabdeckung der Beschleunigungssensor mit Hilfe von Laserlicht (17) abgestimmt wird, mit welchem die Trimmwiderstände (9) veränderbar sind. 45

17. Beschleunigungssensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der an der Halterung befestigte Ausleger an einer Seitenfläche mit dem Beschleunigungsdetektor versehen ist. 50

18. Beschleunigungssensor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster diffundierter Widerstand im Bereich der Oberfläche des Halbleitersubstrats und ein zweiter diffundierter Widerstand im Bereich der Bodenfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet ist und daß die diffundierten Widerstände eine Brückenschaltung bilden, die bei einer Auslenkung des Auslegers sowohl eine Druckspannung als auch eine Zugspannung feststellen. 55

19. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiter-Beschleunigungssensor, wobei aus einem Halbleitersubstrat ein Sensorelement in Form eines Auslegers hergestellt wird, der einseitig mit einer Halterung verbunden ist und im Bereich der Halterung mit diffundierten Widerständen versehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement aus dem Halbleitersubstrat ausgeschnitten wird und daß der Detektorenbereich in einer Seite des Auslegers eingearbeitet wird.

20. Halbleiter-Beschleunigungssensor mit einem Ausleger, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausleger eine flache Oberfläche und eine singuläre Dicke aufweist und auf einer Halterung befestigt ist, bei der die Anschlußflächen in einer Reihe angeordnet sind.

21. Halbleiter-Drucksensor mit einem Basiskörper, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Basiskörper (702) eine Membran (704) vorgesehen ist, daß eine Ausnehmung im Basiskörper mit einem Substrat verschlossen ist und eine luftdichte Kammer (703) bildet, und daß ein Sensorelement, dessen mechanische Verformung in elektrische Signale umgesetzt wird, mit dem Basiskörper verbunden ist.

22. Halbleiter-Drucksensor nach Anspruch 21, bei dem der Basiskörper mit einer Membran versehen ist und bei dem die durch das Substrat luftdicht verschlossene Kammer durch eine Ausnehmung im Basiskörper gebildet wird, mit einem Sensorelement, das auf der Membran angebracht ist und diffundierte Widerstände zum Feststellen der Verformung der Membran hat, um eine mechanische Verformung in elektrische Signale umzuwandeln, welche von einer Brückendetektorschaltung geliefert werden, dadurch gekennzeichnet, daß die diffundierten Widerstände an der Seite des Sensorelements angebracht sind, die senkrecht zur Oberflächenebene des Sensorelements steht, welche mit dem Basiskörper verbunden ist.

23. Drucksensor nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die diffundierten Widerstände eine Brückenschaltung bilden und sowohl die Druck- als auch die Zugspannung bei der Auslenkung des Sensorelementes erfassen.

24. Drucksensor nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die diffundierten Widerstände an der Seite, an der der Druck einwirkt, angeordnet sind und der Membran gegenüberliegen.

25. Drucksensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanten des Sensorelementes an dem Basiskörper fixiert sind.

26. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiter-Drucksensors mit einem eine Membran aufweisenden Basiskörper, einem Substrat, das eine im Basiskörper angebrachte Ausnehmung luftdicht verschließt und mit einem Sensorelement, das auf der Membran angeordnet ist und diffundierte Widerstände zum Feststellen der Verformung der Membran aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem Halbleitersubstrat diffundierte Widerstände und mit diesen verbundene Anschlußflächen ausgebildet werden, daß das Substrat in einzelne Sensorelemente unterteilt wird, daß die Sensorelemente aus dem Substrat ausgeschnitten werden und

daß das Sensorelement mit dem Basiskörper verbunden wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Sensorelementes durch Polieren verringert wird.

28. Halbleiter-Drucksensor mit einem Basiskörper, der eine Öffnung aufweist, mit welcher ein mit dem Basiskörper verbundenes Sensorelement zusammenwirkt und die Öffnung im Basiskörper auf der einen Seite verschließt, wobei die andere Seite der Öffnung von einem Substrat luftdicht verschlossen ist und mit einer elektrischen Schaltung zum Abgreifen der verformungsabhängigen Ausgangssignale, dadurch gekennzeichnet,

daß die Detektorschaltung am Sensorelement eine Brückenschaltung ist und

daß die einzelnen Brückenzweige aus diffundierten Widerständen bestehen, die vertikal zur Membran angeordnet sind.

29. Halbleiter-Beschleunigungsmesser nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Sensorelement (803; 804) Anschläge angebracht sind, um die Auslenkung des Sensorelementes zu begrenzen.

30. Beschleunigungssensor nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß der zum Ausleger hin weisende Bereich des Anschlages derart geformt ist, daß seine Krümmung der Krümmung des Auslegers bei der Auslenkung entspricht.

31. Beschleunigungsmesser nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Ausleger angebrachten diffundierten Widerstände auf die Halterung ausgerichtet sind und daß der Ausleger auf dieser Seite mit der Halterung verbunden ist.

35

32. Beschleunigungssensor nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den diffundierten Widerständen und der Halterung ein Spalt vorhanden ist.

33. Beschleunigungsmesser nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die von den diffundierten Widerständen erzeugten elektrischen Signale durch auf der Halterung angebrachte Schaltungsteile auskoppelbar sind, indem der Ausleger in diesem Bereich mit der Halterung verbunden ist.

45

Hierzu 40 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

FIG. 1

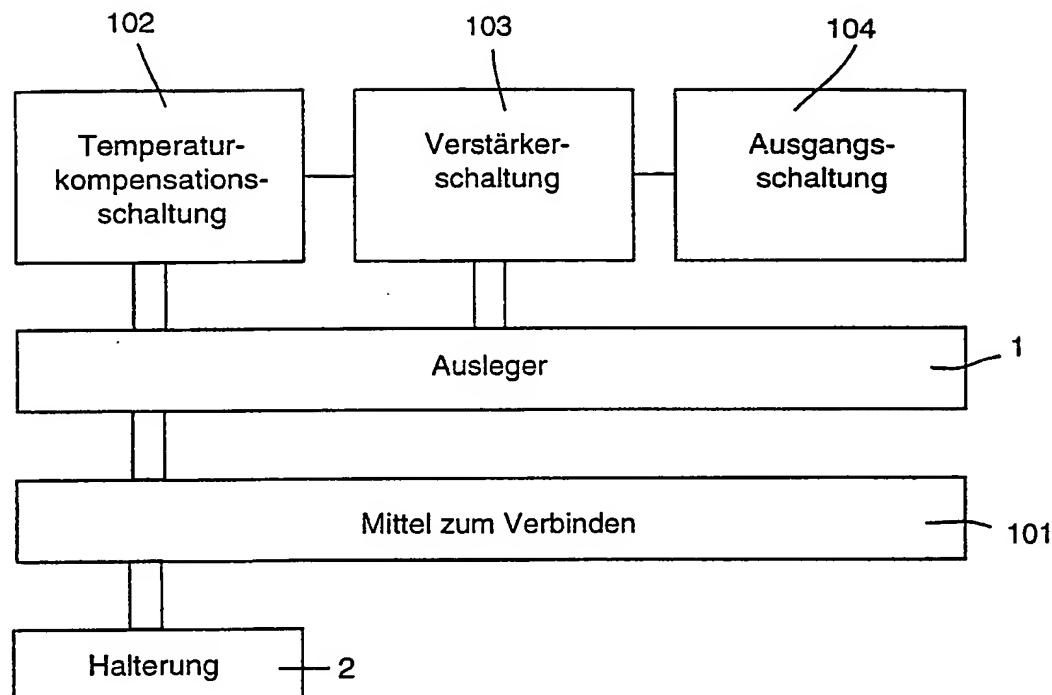


FIG. 2

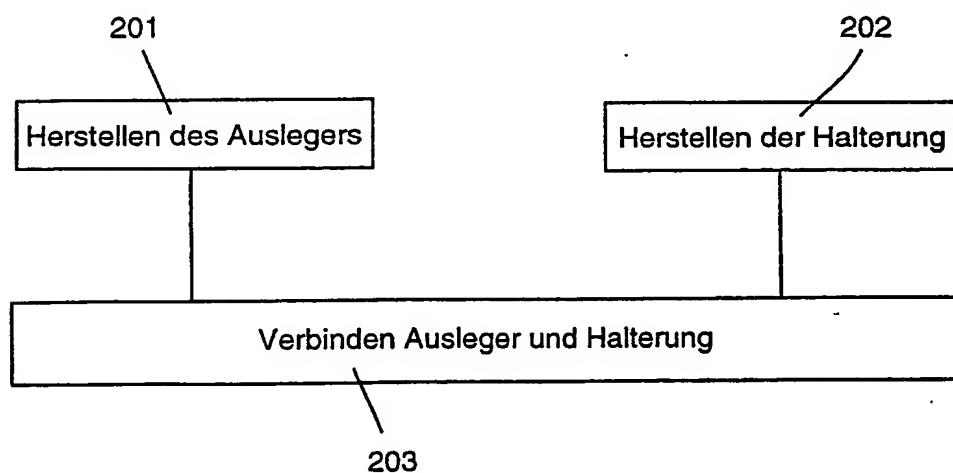


FIG. 3

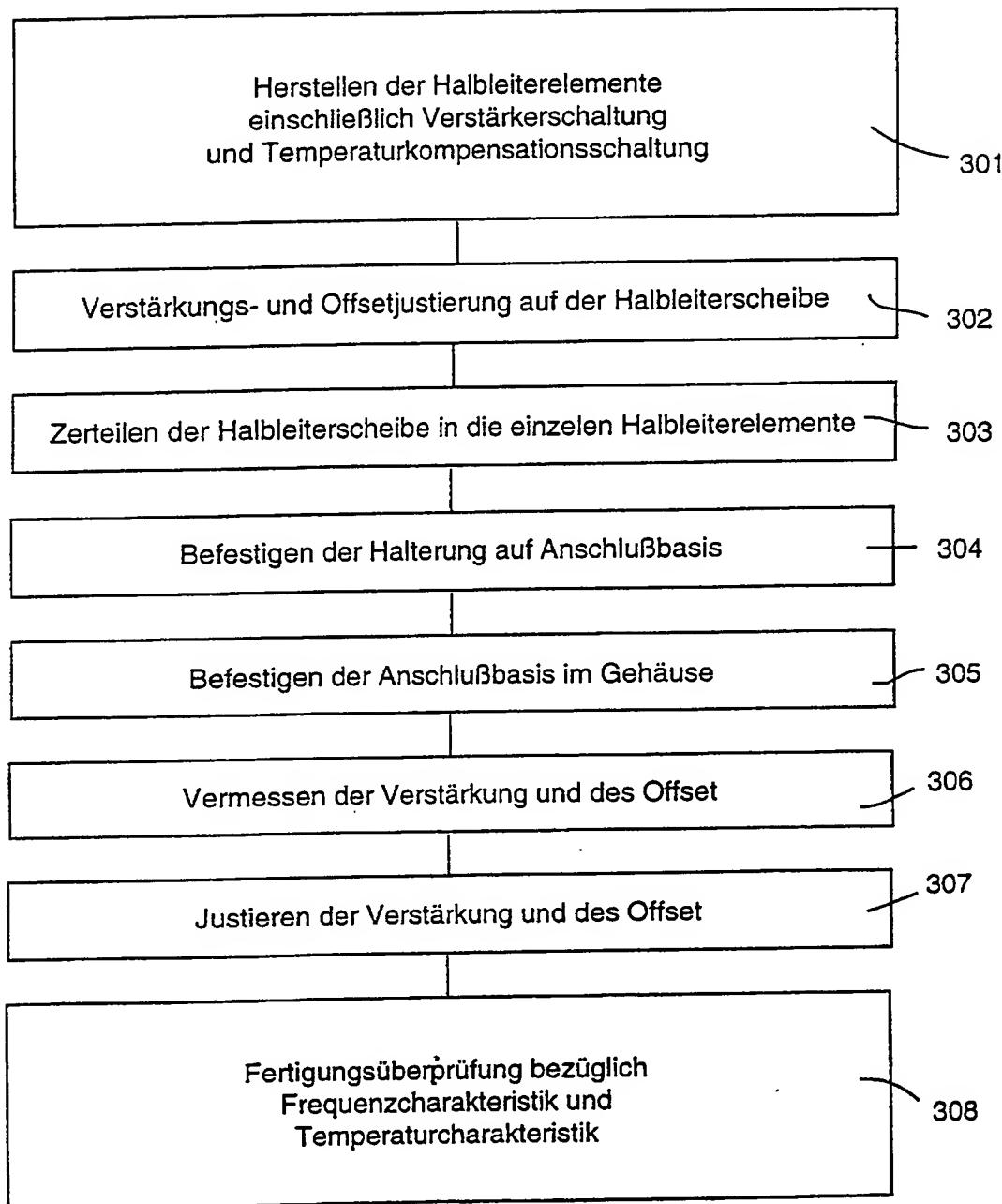
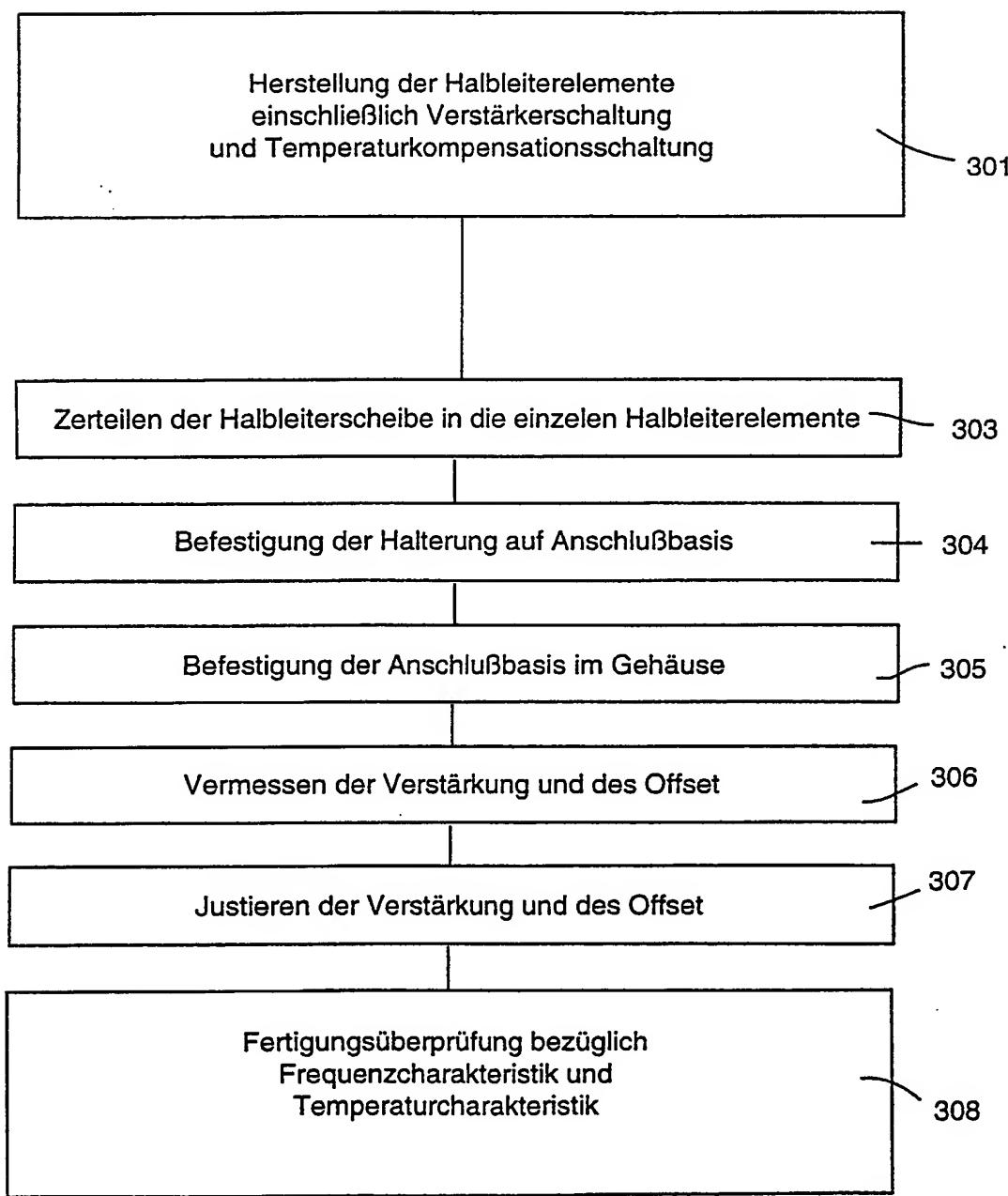
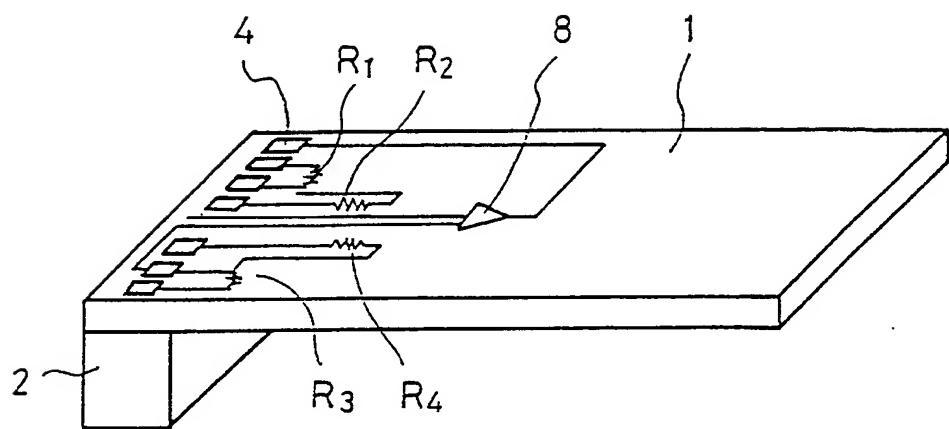


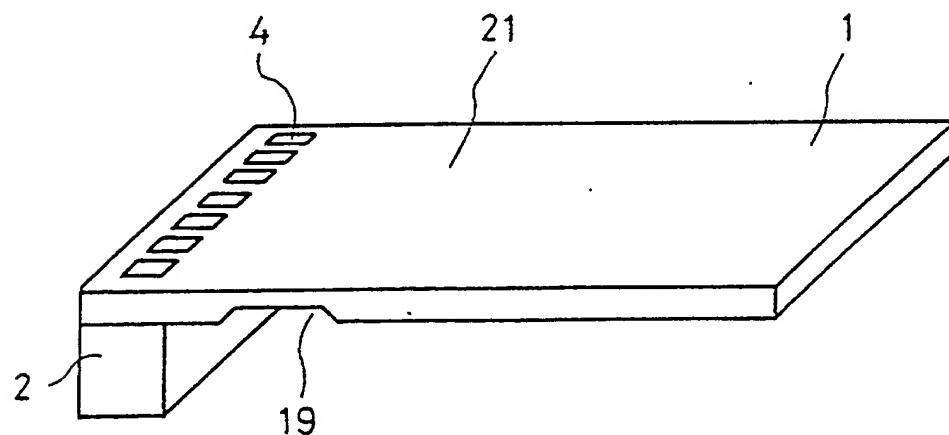
FIG. 4



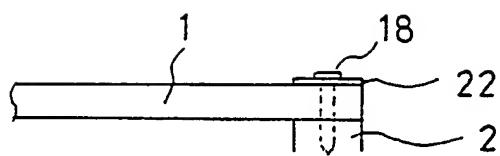
F I G. 5



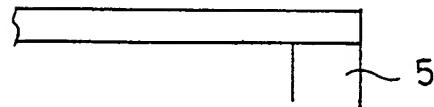
F I G. 6 Stand der Technik



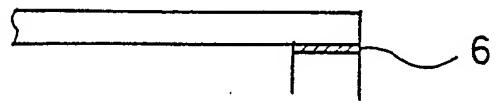
F I G. 7



F I G. 8



F I G. 9



F I G. 10



FIG. 11

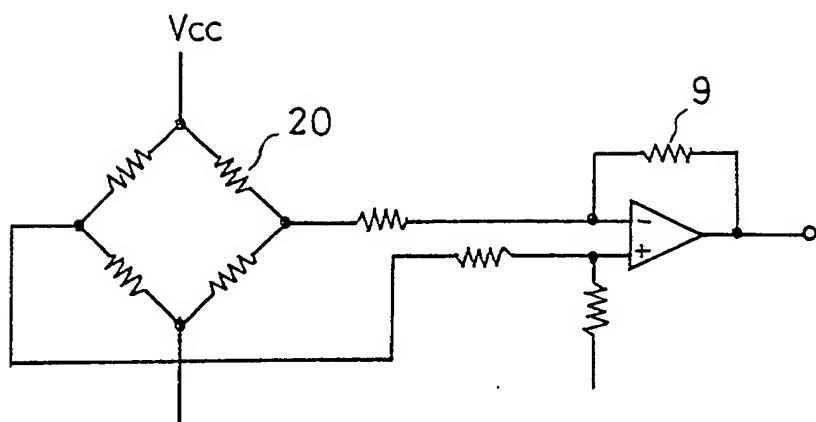
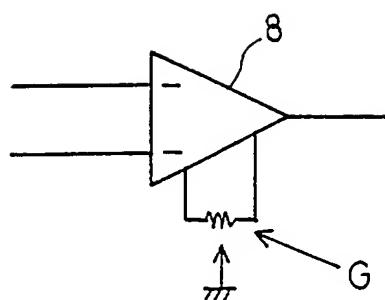
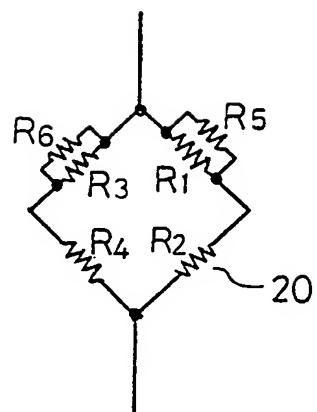
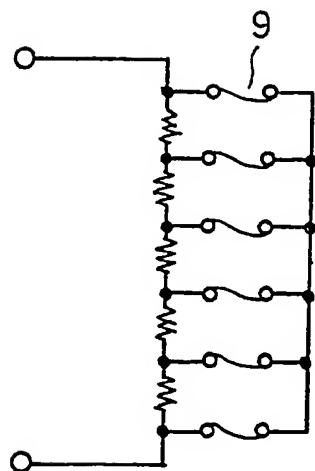


FIG. 12

F I G. 1 3



F I G. 1 4 A



F I G. 1 4 B

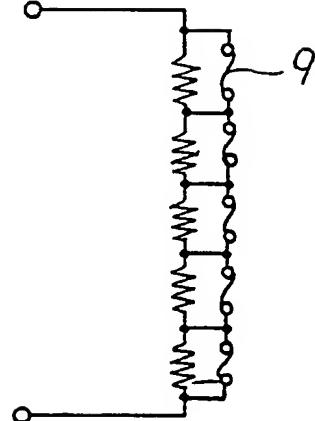


FIG. 15

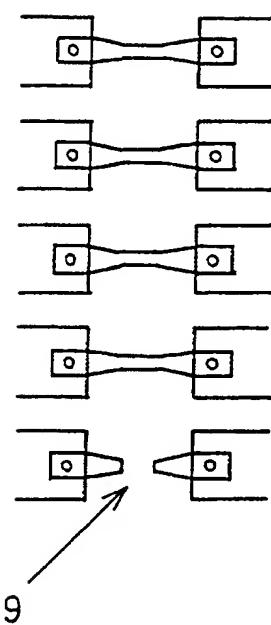


FIG. 16

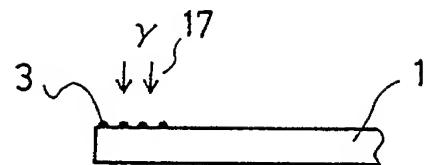
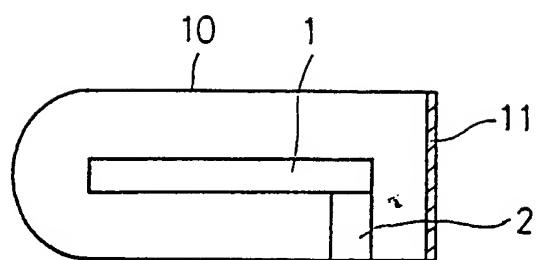


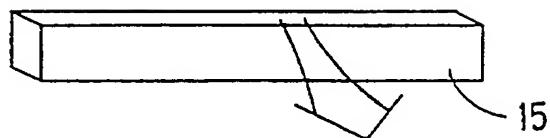
FIG. 17



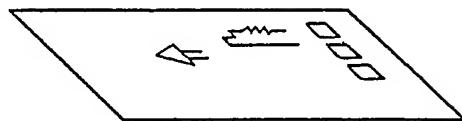
F I G. 1 8



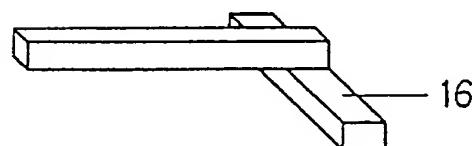
F I G. 19 A



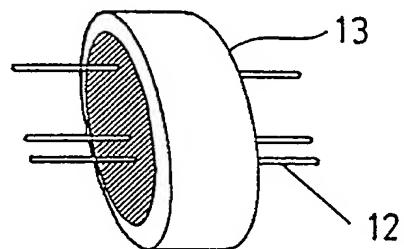
F I G. 19 B



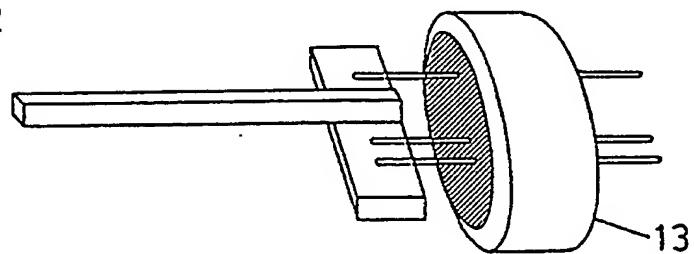
F I G. 20



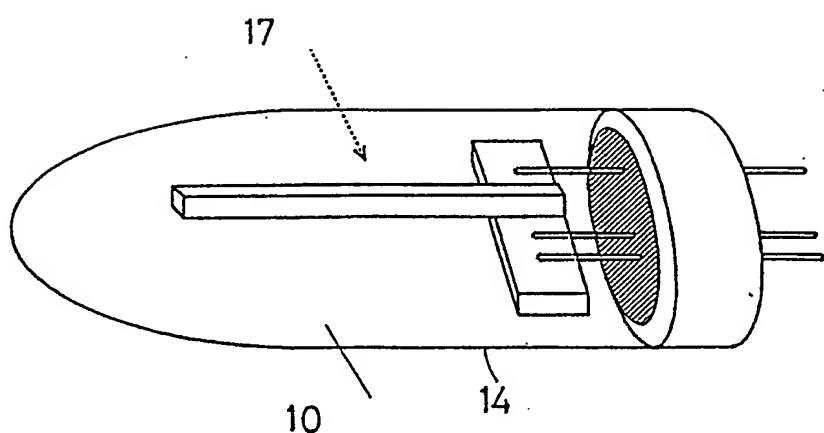
F I G. 21



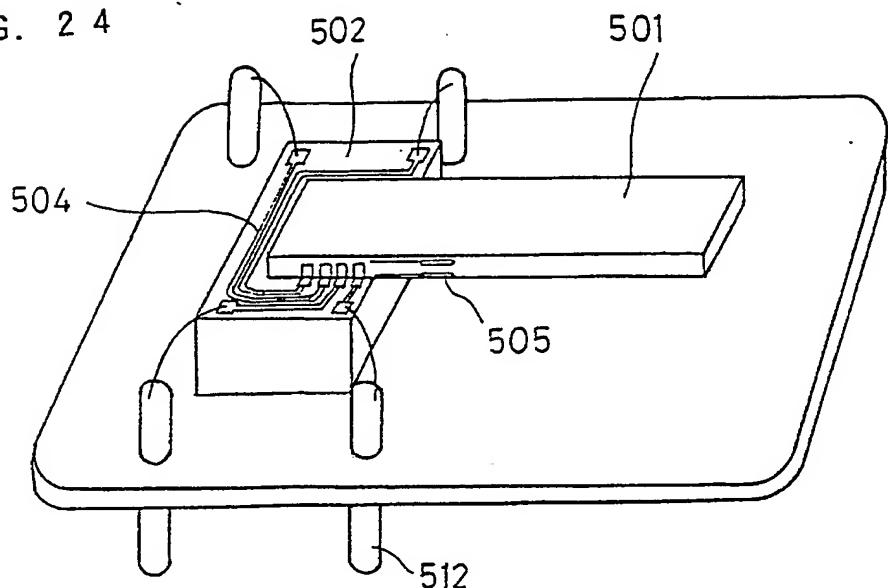
F I G. 22



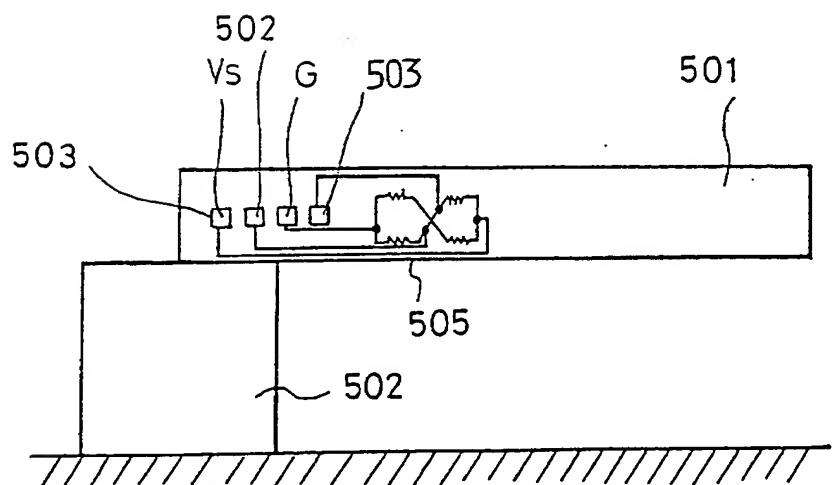
F I G. 2 3



F I G. 2 4

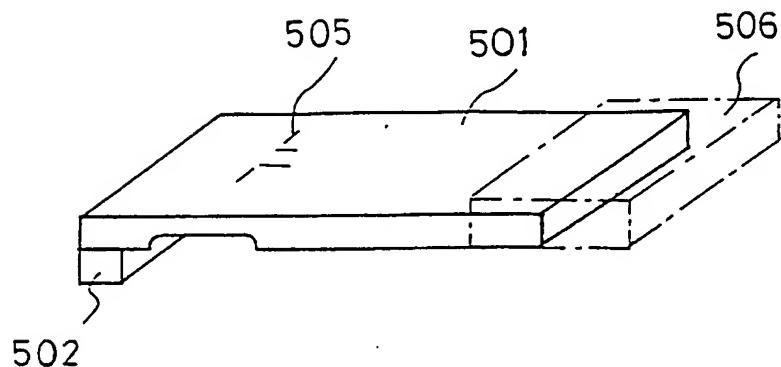


F I G. 2 5



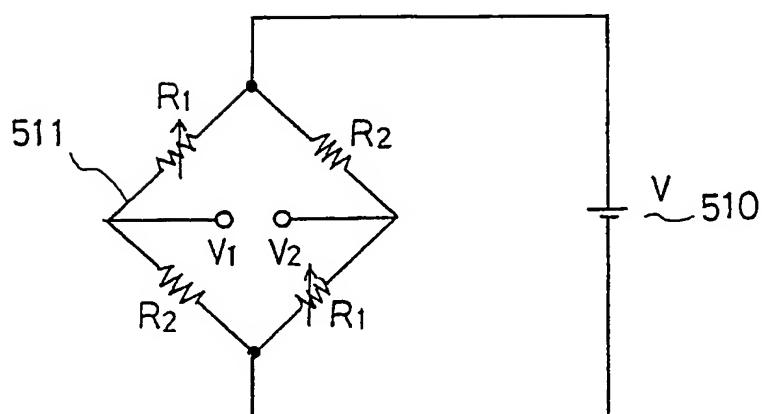
F I G. 2 6

Stand der Technik

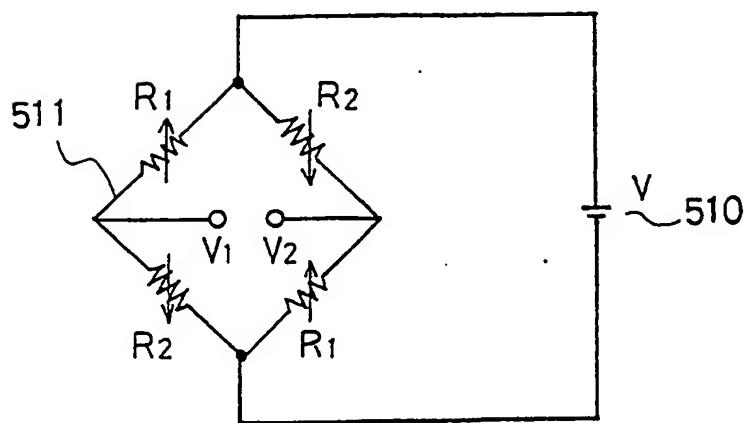


F I G. 2 7

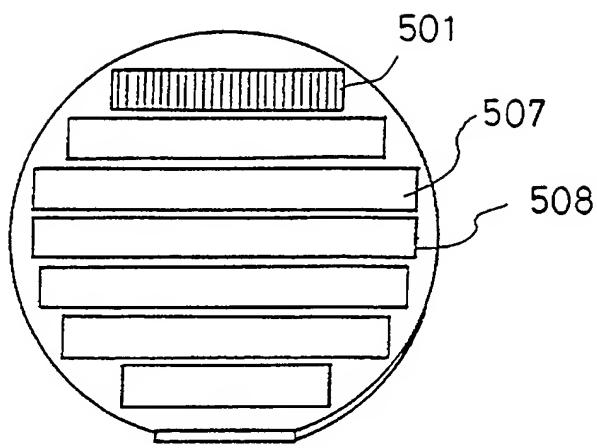
Stand der Technik



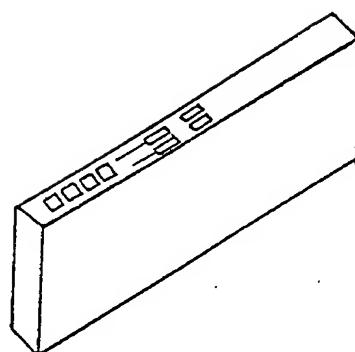
F I G. 2 8



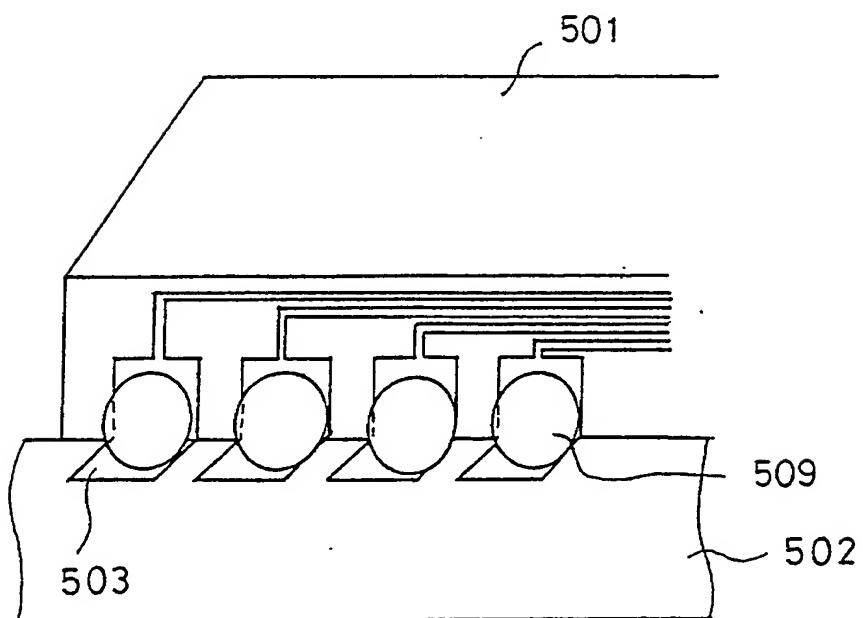
F I G. 2 9



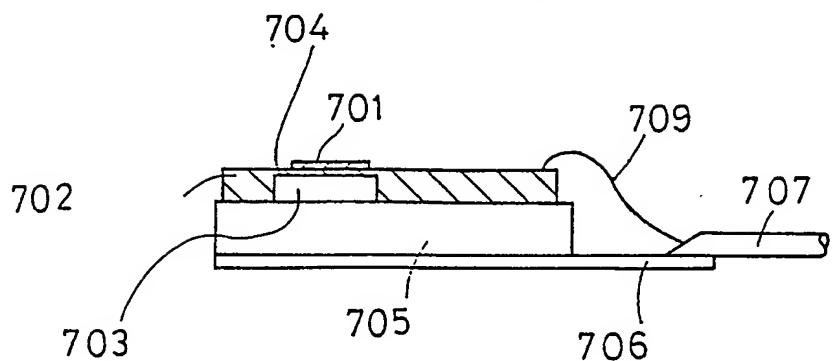
F I G. 3 0



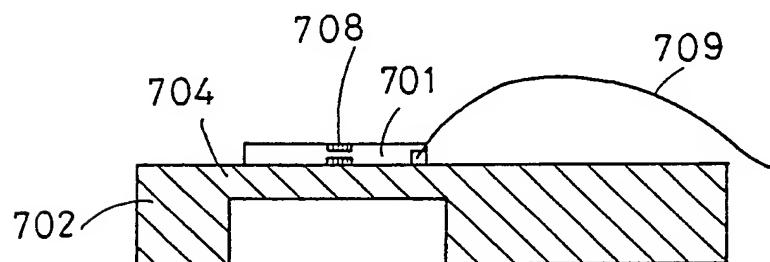
F I G. 3 1



F I G. 3 2

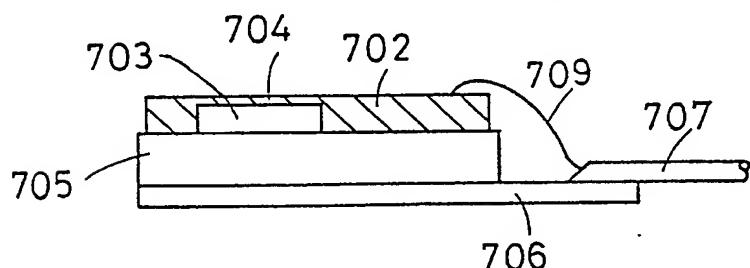


F I G. 3 3



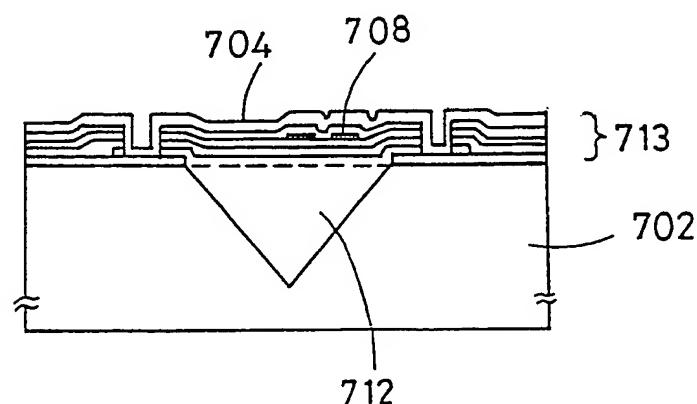
F I G. 3 4

Stand der Technik

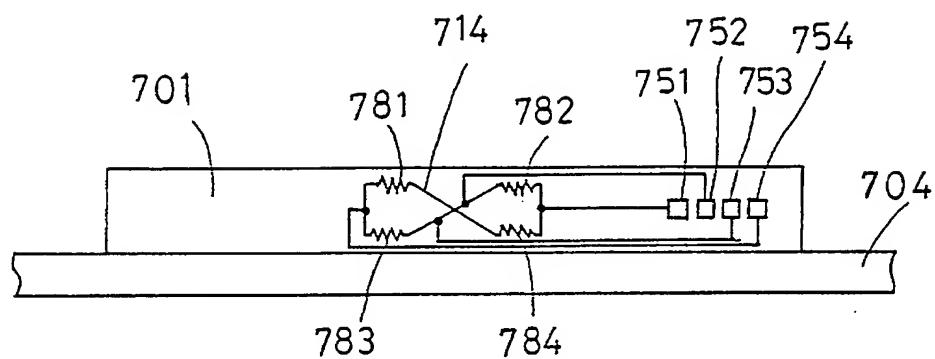


F I G. 3 5

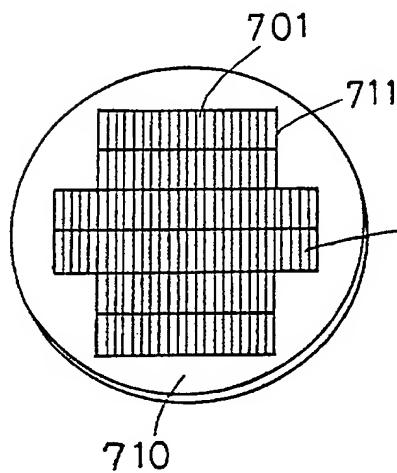
Stand der Technik



F I G. 3 6



F I G. 3 7 A



F I G. 3 7 B

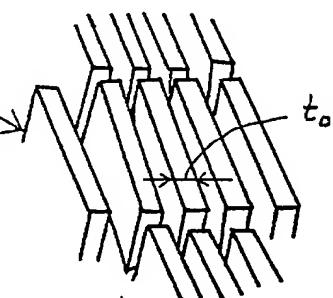


FIG. 38

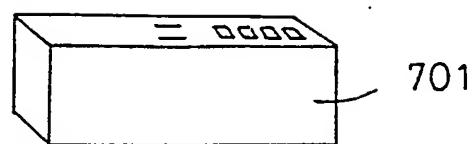


FIG. 39

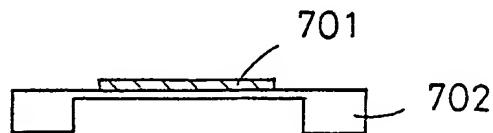


FIG. 40

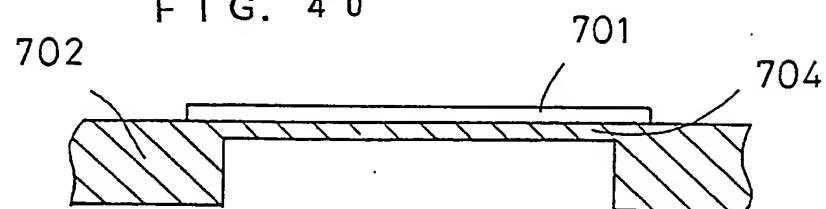
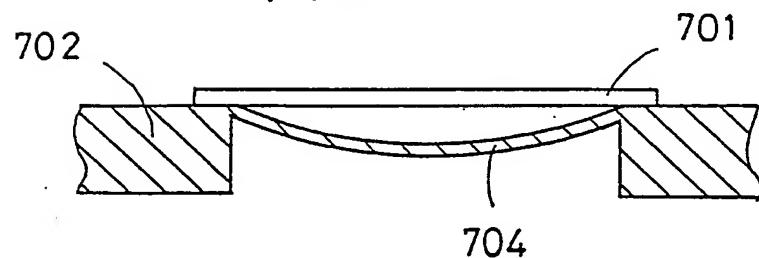


FIG. 41 A



702

FIG. 41 B

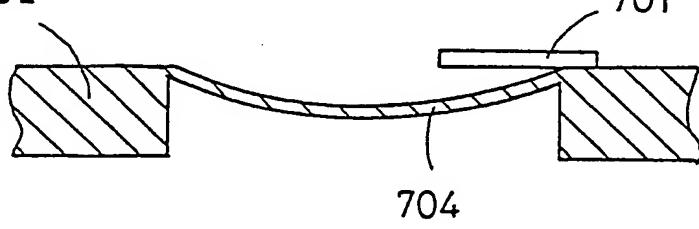


FIG. 42 A

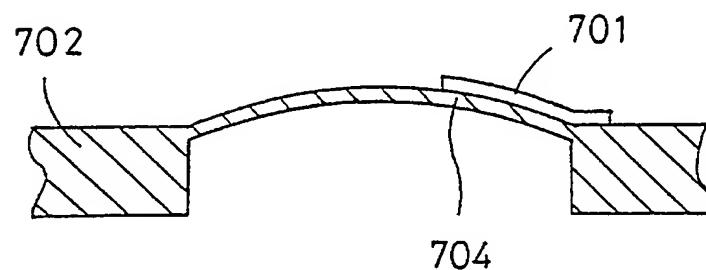
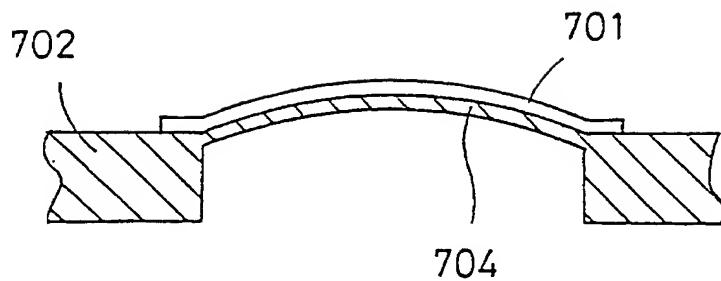
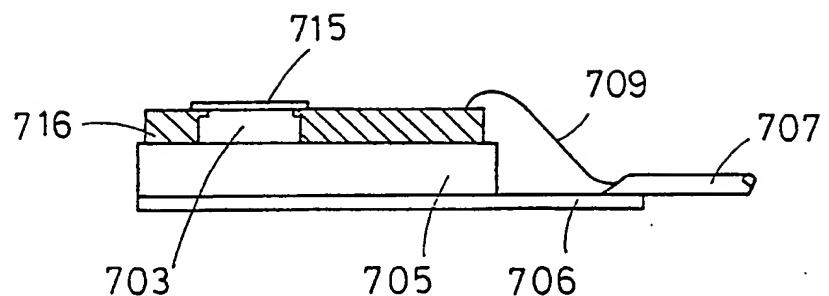


FIG. 42 B

F I G. 4 3



F I G. 4 4

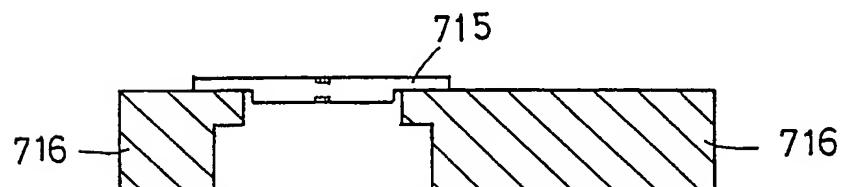


FIG. 4 5

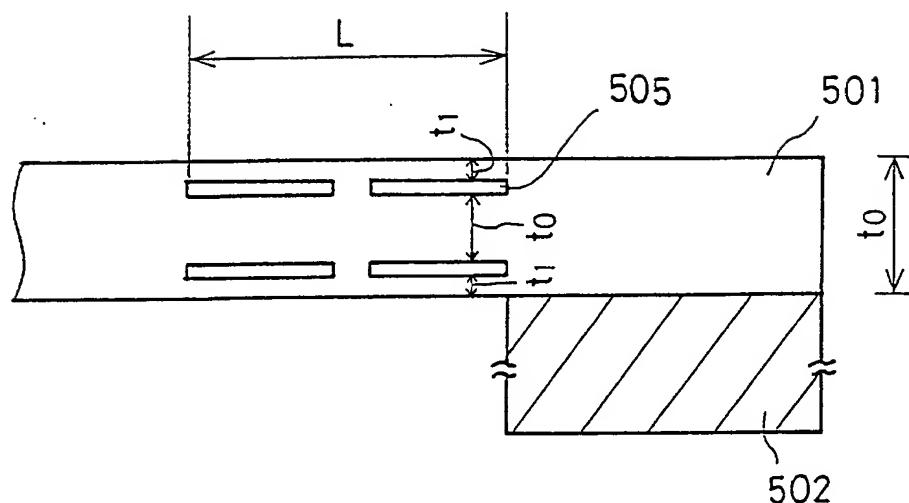
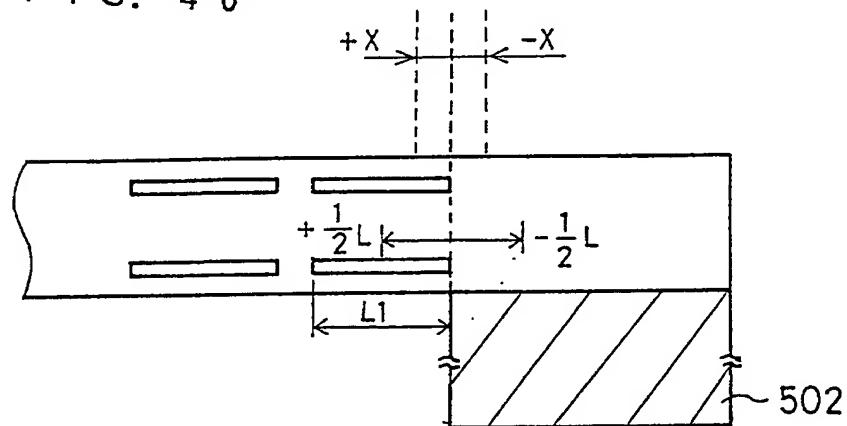
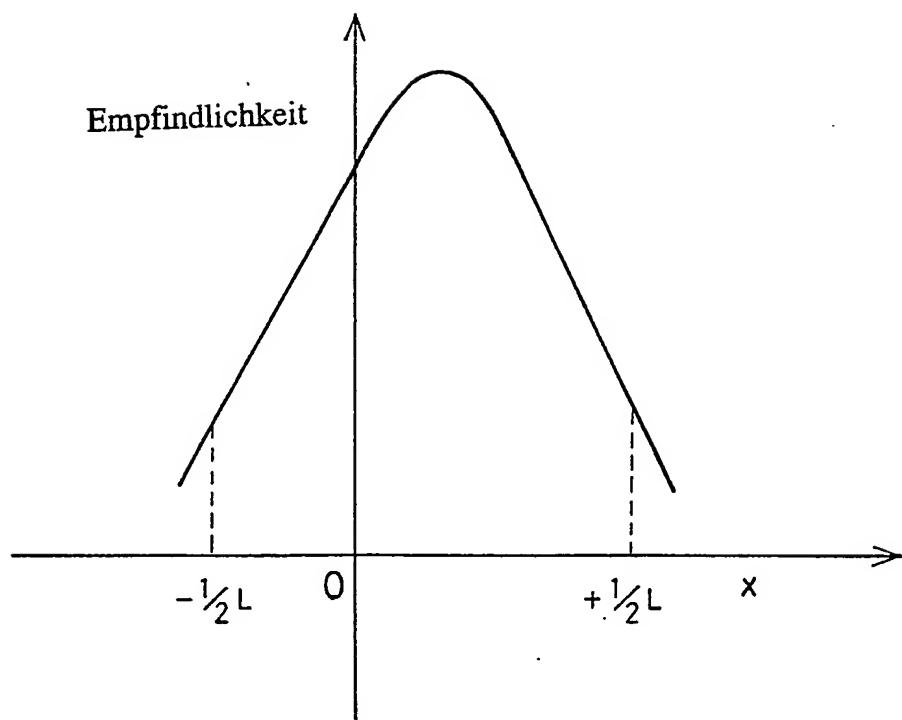


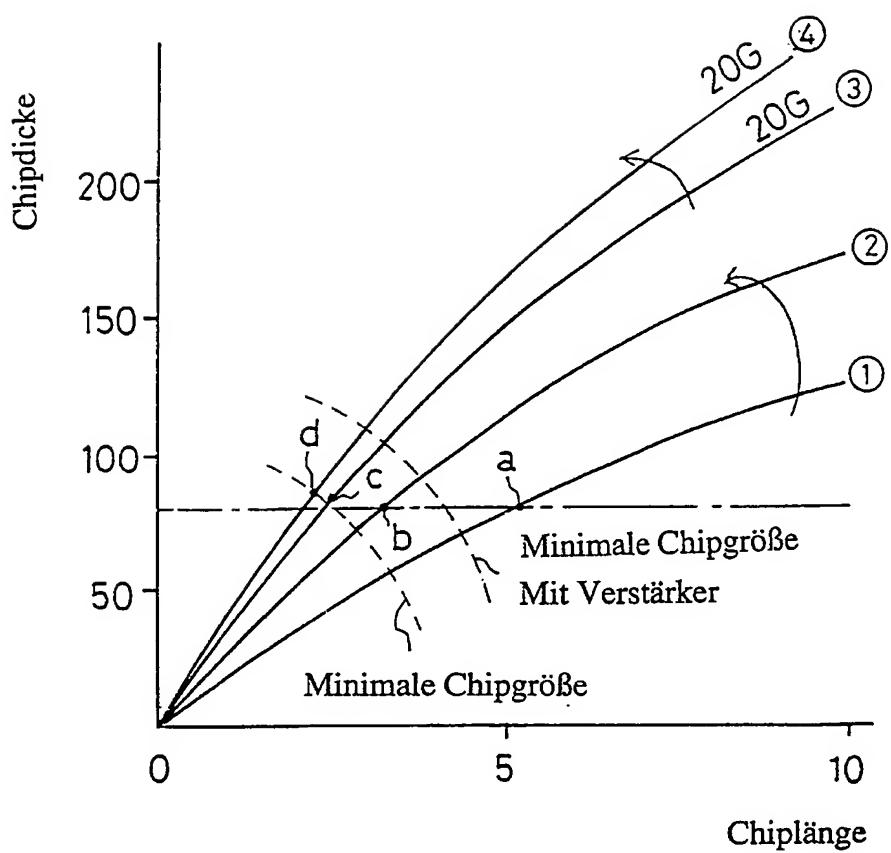
FIG. 4 6



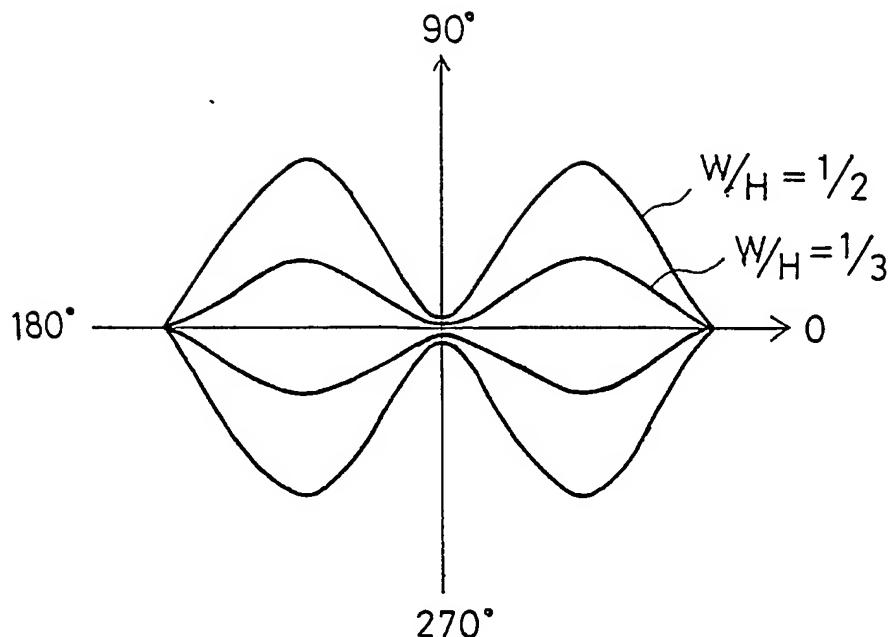
F I G. 4 7



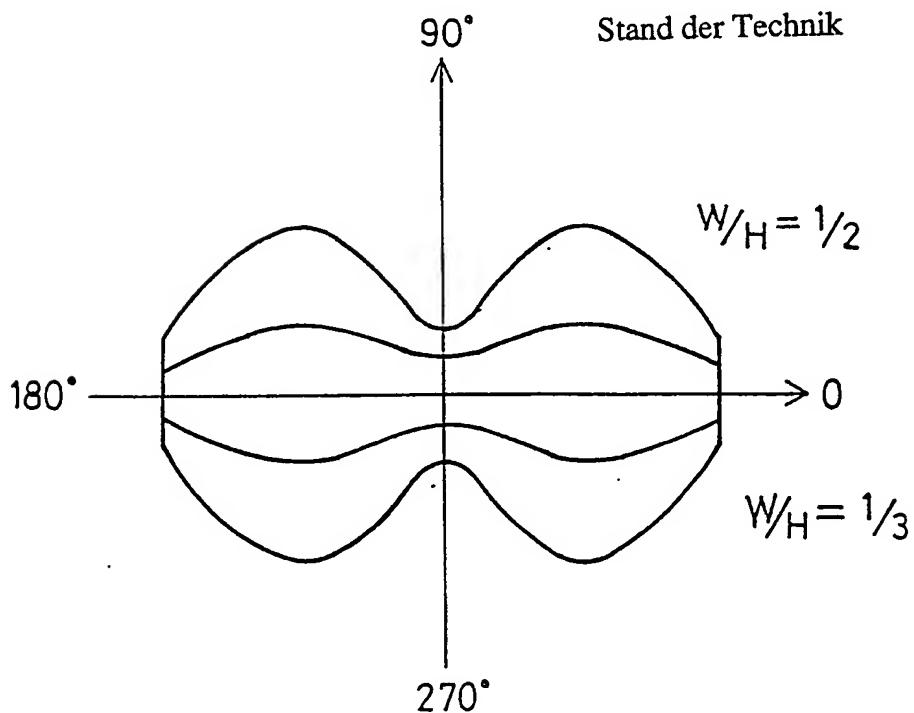
F I G. 4 8



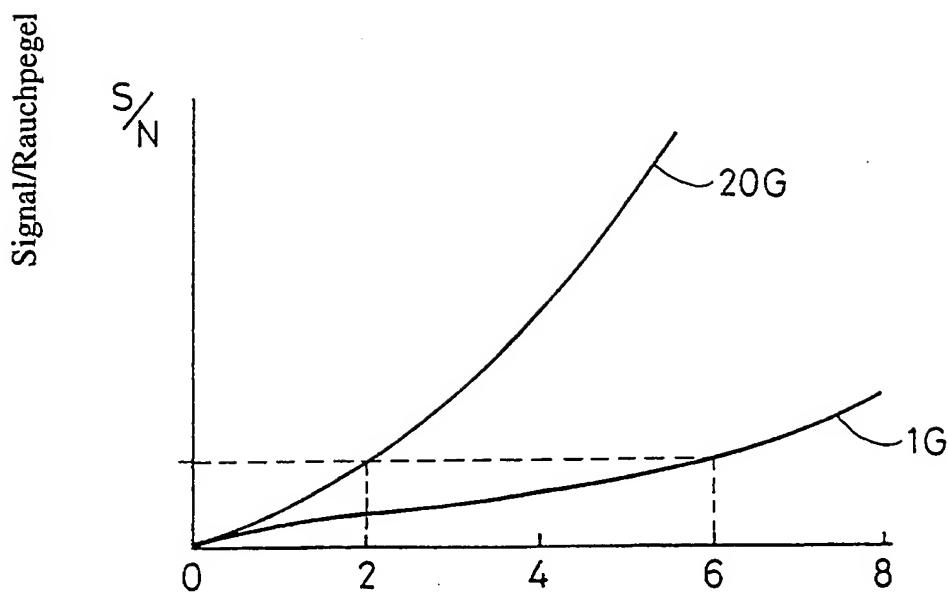
F I G. 4 9



F I G. 5 0



F I G. 5 1



Chipbreite/Chipdicke  
auf der Seite des  
diffundierten Widerstands

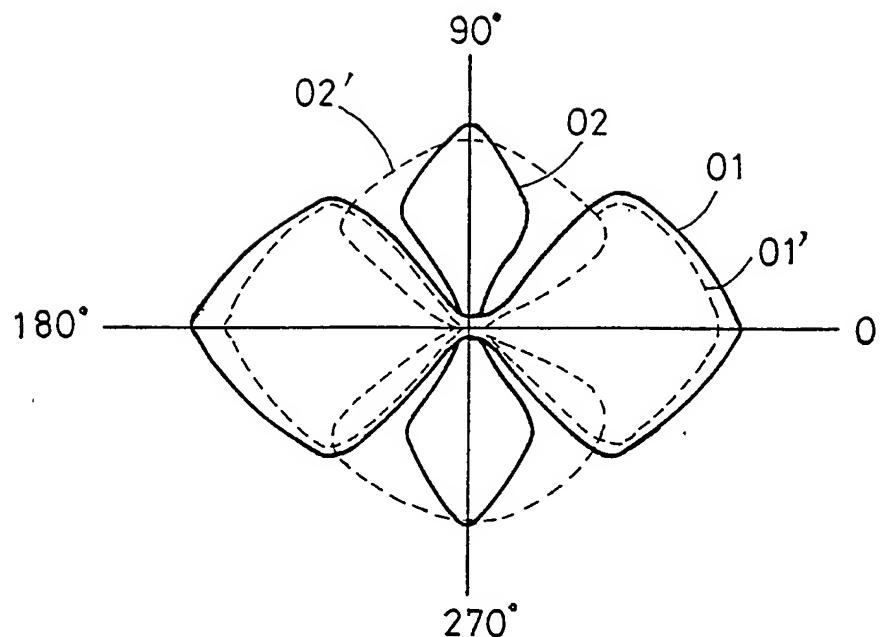


FIG. 5 2

FIG. 5 3

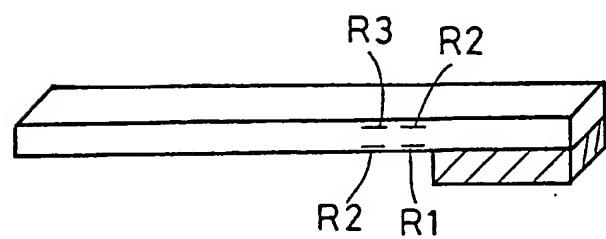


FIG. 5 4

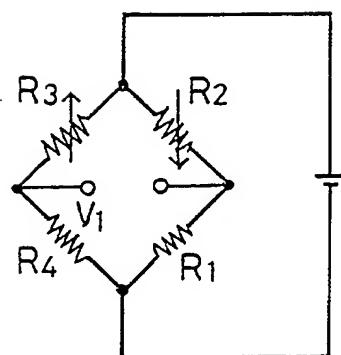


FIG. 5 5

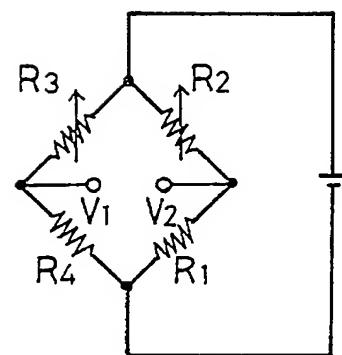
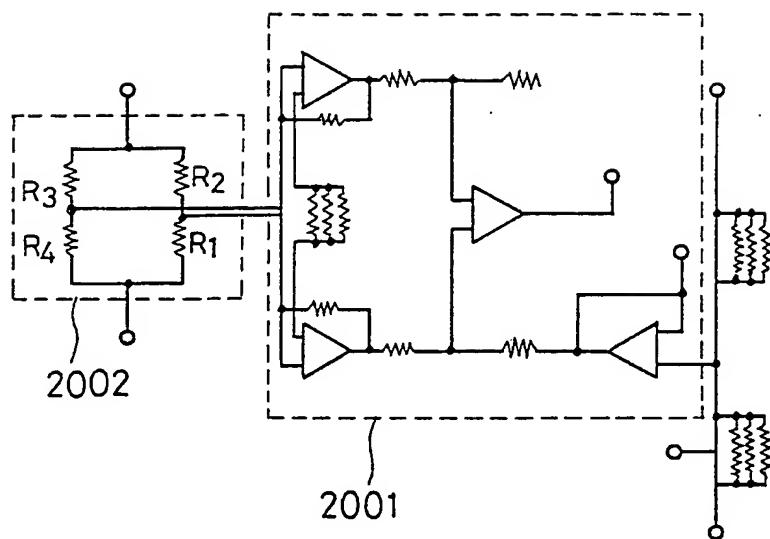
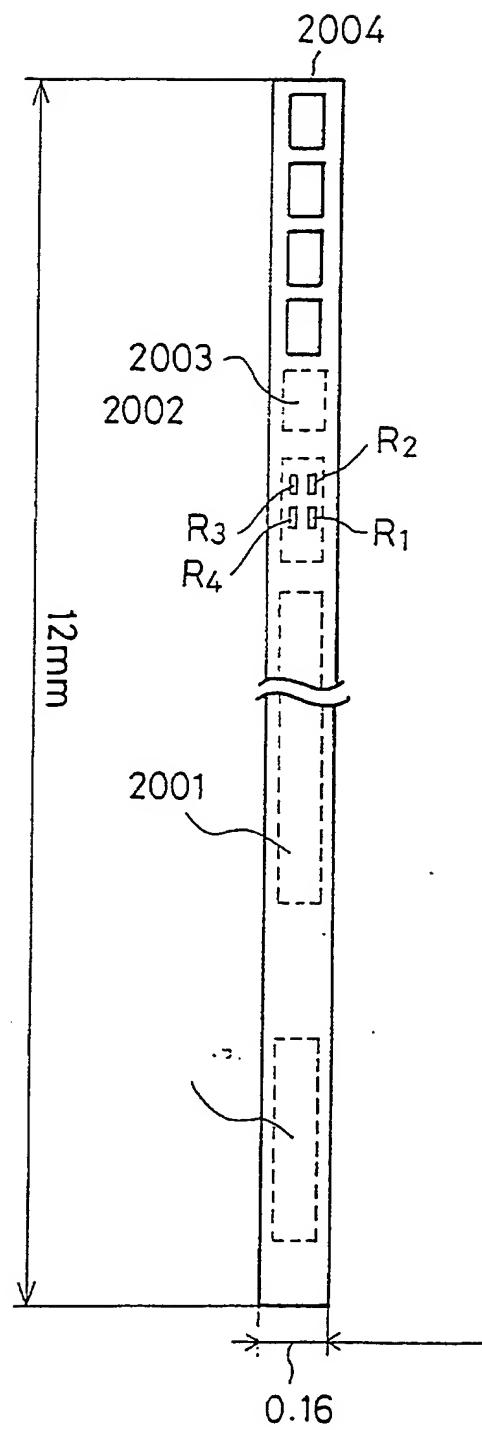


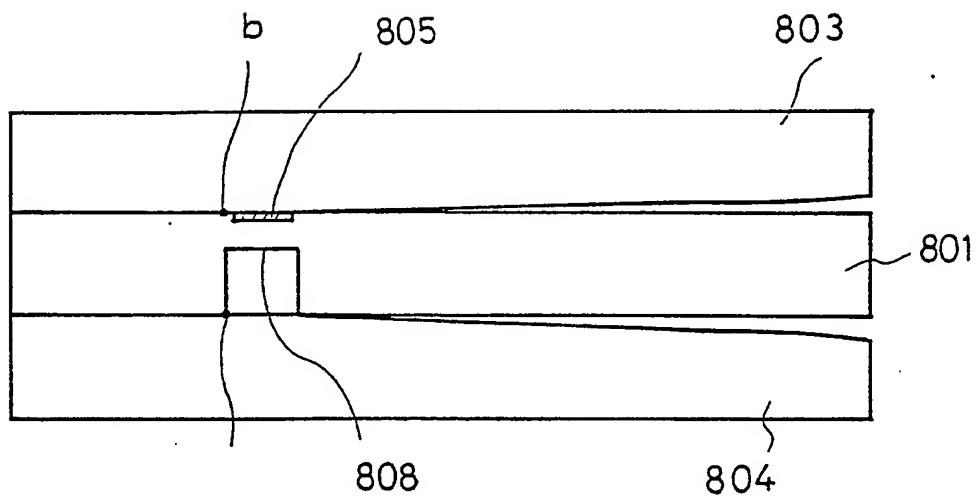
FIG. 56



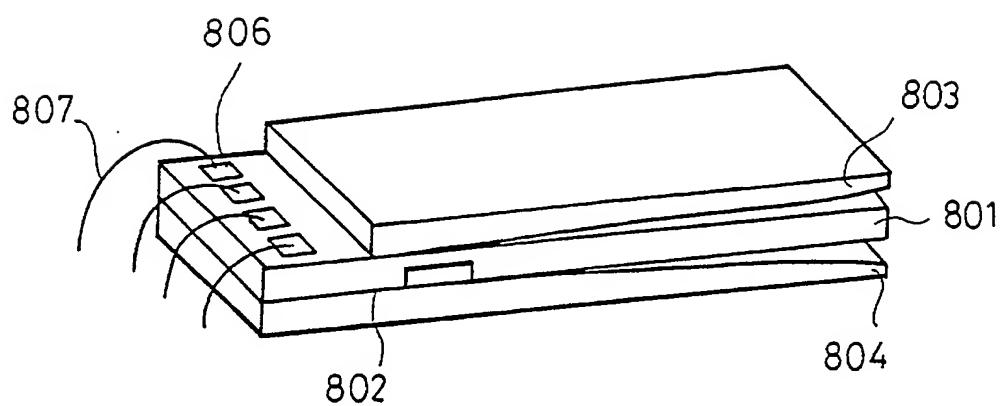
## F I G. 5 7



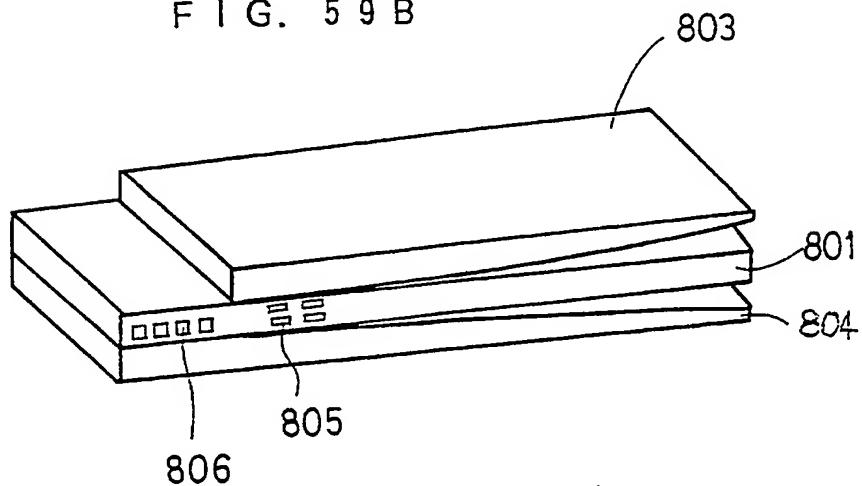
F I G. 5 8



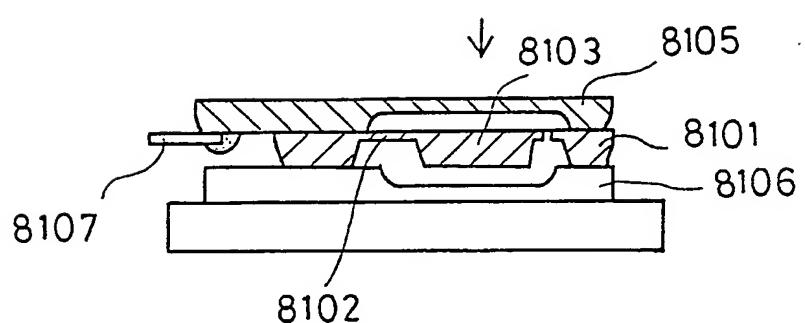
F I G. 5 9 A



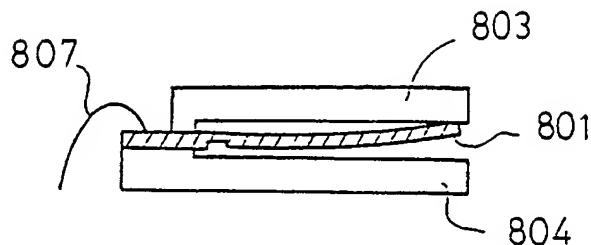
F I G. 5 9 B



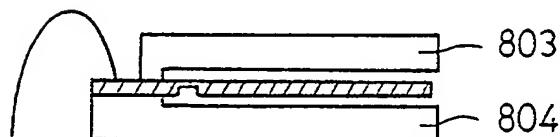
F I G. 6 0      Stand der Technik



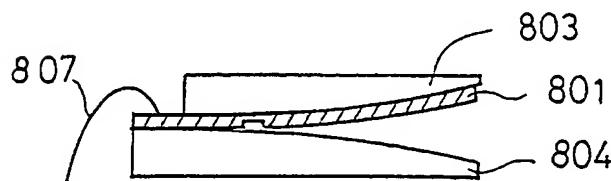
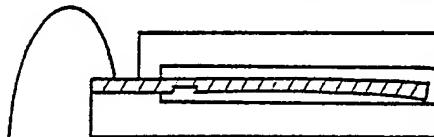
F I G. 6 1 Stand der Technik



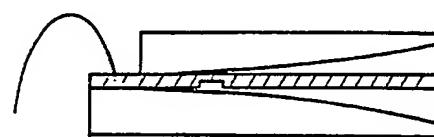
F I G. 6 2 Stand der Technik



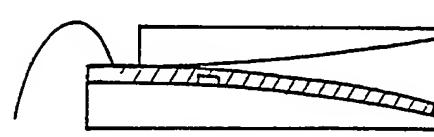
F I G. 6 3 Stand der Technik



F I G. 6 4

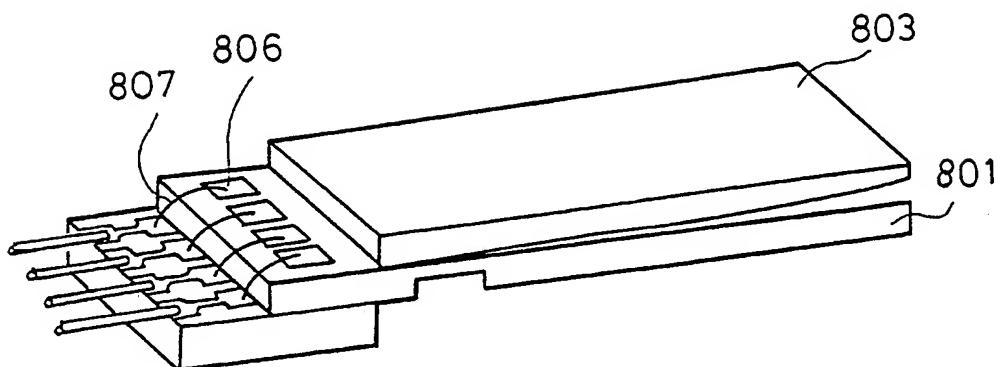


F I G. 6 5

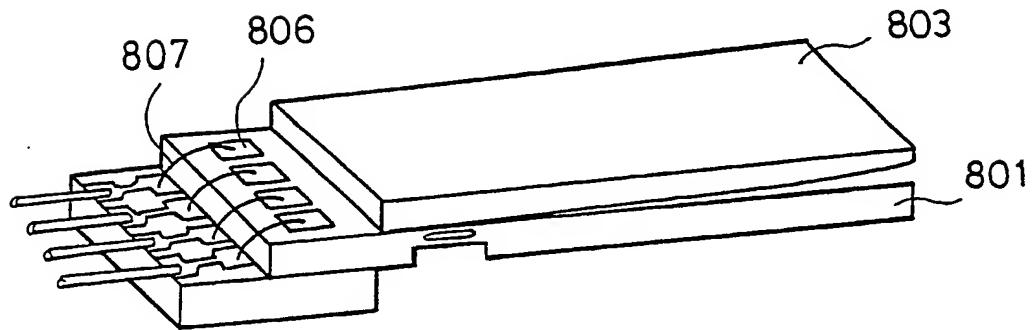


F I G. 6 6

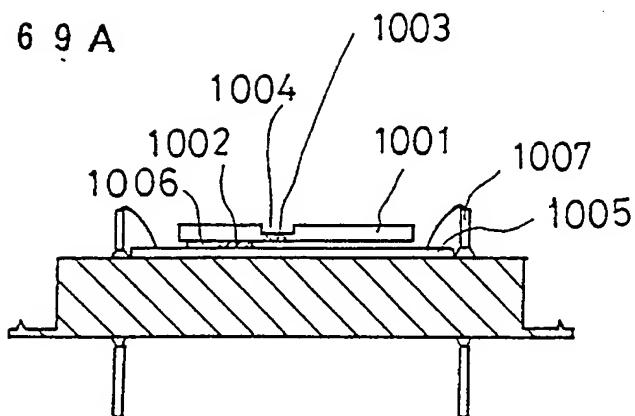
F I G. 6 7



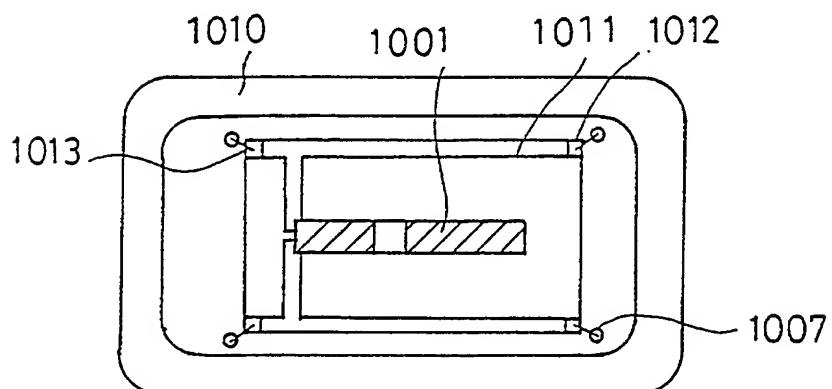
F I G. 6 8



F I G. 6 9 A

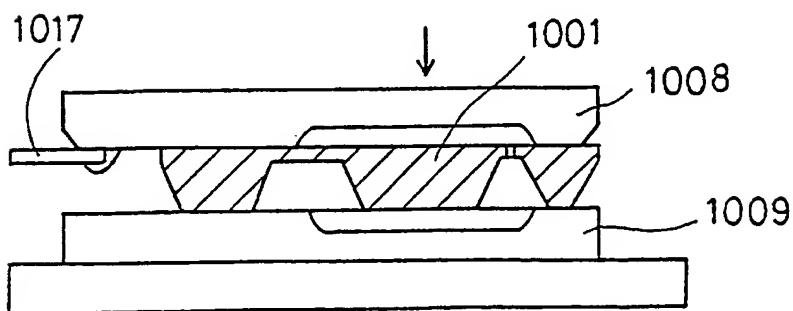


F I G. 6 9 B



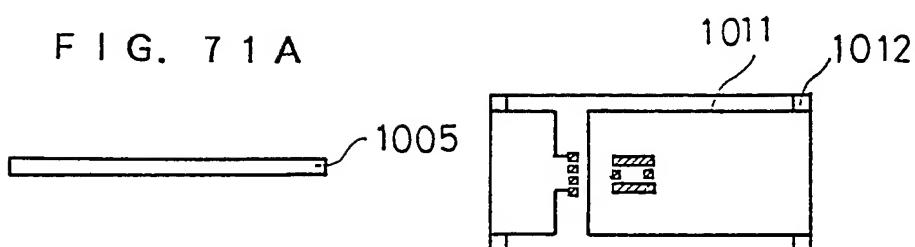
F I G. 7 0

## Stand der Technik



F I G. 71 D

F I G. 71 A

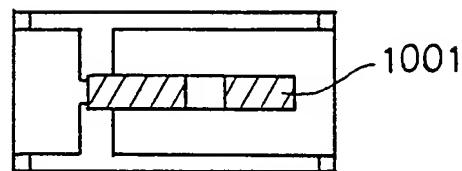


F I G. 71 B

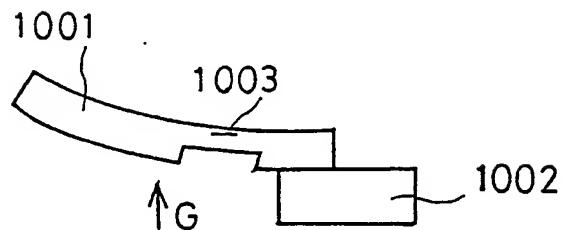


F I G. 71 E

F I G. 71 C

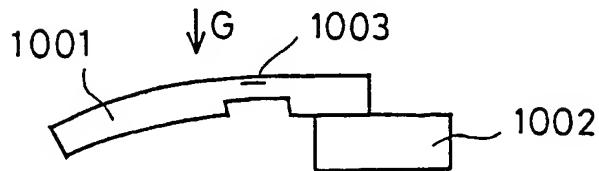


F I G. 72 A

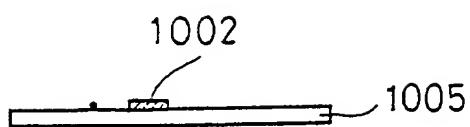


Stand der Technik

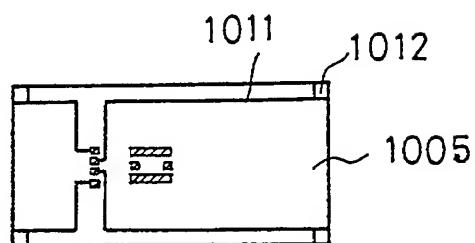
F I G. 72 B



F I G. 7 3 A



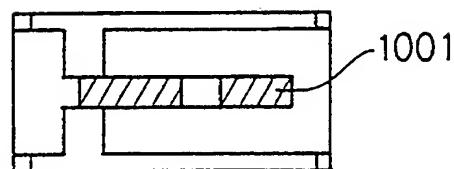
F I G. 7 3 D



F I G. 7 3 B



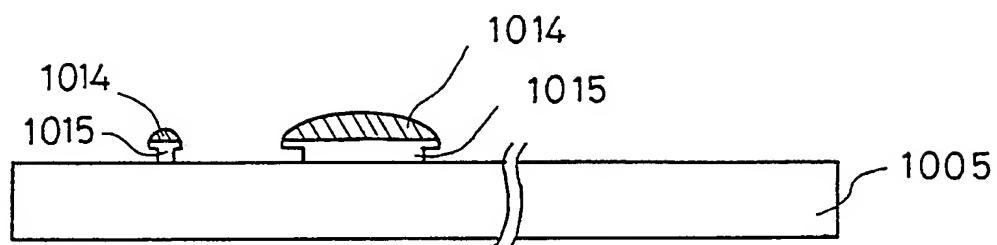
F I G. 7 3 E



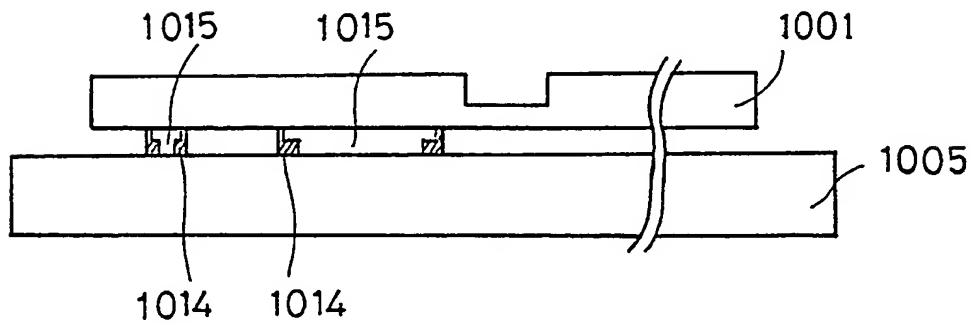
F I G. 7 3 C



F I G. 7 4

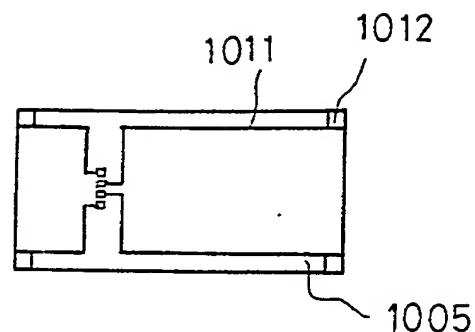


F I G. 7 5



F I G. 7 6 D

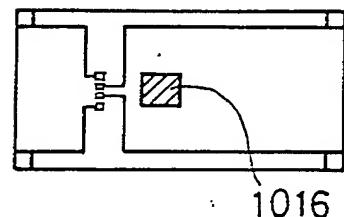
F I G. 7 6 A



F I G. 7 6 B



F I G. 7 6 E



F I G. 7 6 C



F I G. 7 6 F

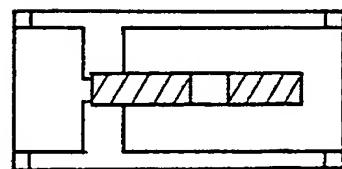


FIG. 77

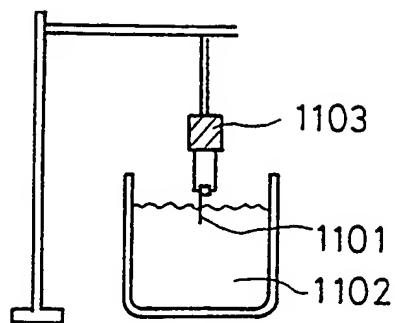


FIG. 78 A

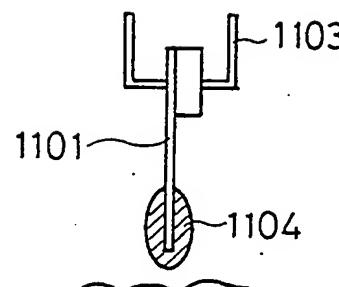


FIG. 78 B

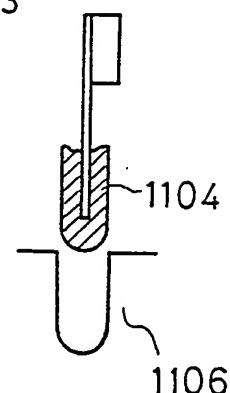
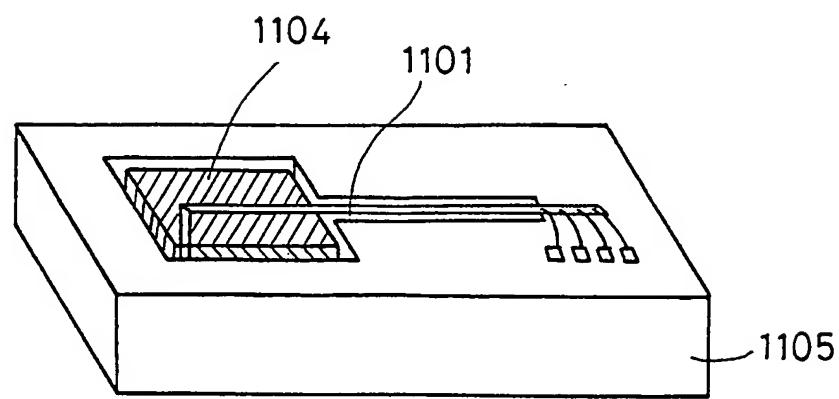
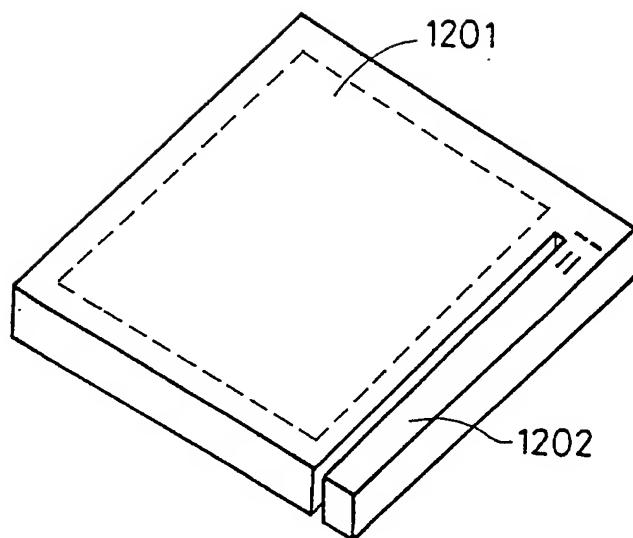


FIG. 79



F I G. 8 0



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.